

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

**VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÁTICAS DE *LEAN PRODUCT*
DEVELOPMENT EM EMPRESAS BRASILEIRAS**

FABIO CAMPASSI

SÃO CARLOS, SP
Novembro de 2013

FABIO CAMPASSI

**VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÁTICAS DE *LEAN PRODUCT*
DEVELOPMENT EM EMPRESAS BRASILEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia de Produção da Escola de
Engenharia de São Carlos.

Orientador: Professor Titular Henrique Rozenfeld

SÃO CARLOS, SP
Novembro de 2013

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Henrique Rozenfeld, pelo exemplo e confiança depositada em mim.

Aos alunos da turma da Engenharia de Produção do ano de 2008, em especial para os meus amigos Fernanda Würmli, Vinícius Monte, Thomas Assef, Victor Macul e Daniel Guzzo, pelos ensinamentos, convívio e apoio durante toda a graduação.

A todos os entrevistados que permitiram que esta pesquisa fosse realizada.

Aos meus amigos, Rafael Guasti e Renato Marquezin, que me acompanham há muito tempo.

Aos meus pais, Eugenio e Cecília, e irmãs, Flávia, Bruna e Roberta, por estarem sempre ao meu lado e me apoiarem sempre que precisei.

RESUMO

CAMPASSI, F. **Verificação da aplicação de práticas de *Lean Product Development* em empresas brasileiras.** Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2013.

Com a crescente competitividade no mercado e o aumento da exigência dos consumidores, as empresas são pressionadas a inovar seus produtos, com maior rapidez e menor custo. Devido à vantagem competitiva que o desenvolvimento de produtos fornece às empresas, o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) tem se tornado uma competência empresarial cada vez mais importante. Entretanto, existem dificuldades na gestão e no aprimoramento do processo, uma vez que este envolve diversas áreas da empresa, lida com grandes volumes de informação e deve ser adaptado às particularidades de cada produto. Para uma melhor gestão do PDP e atender as necessidades do mercado, é possível utilizar diversas abordagens de gerenciamento, dentre elas a de *Lean Product Development* (LPD), que busca a simplificação do processo e eliminação dos desperdícios por meio da melhoria contínua. Este trabalho visa estudar as práticas contidas nesta abordagem e verificar a aplicação destas pelas empresas brasileiras bem como os possíveis benefícios decorrentes. Para tal, foi elaborado um questionário que contém as 27 práticas identificadas e foram conduzidos quatro estudos de caso em empresas de diversos setores industriais. Verificou-se a dificuldade de aplicação práticas mais complexas, como o *Set-Based Concurrent Engineering* e o *Design Review Based on Failure Mode*, e concluiu-se que nenhuma das empresas entrevistadas possuem um Processo de Desenvolvimento baseado nos conceitos de *Lean Product Development*.

Palavras-chaves: processo de desenvolvimento de produtos, melhores práticas, *Lean Product Development*, LPDS, *Lean Product Development System*.

ABSTRACT

CAMPASSI, F. **Verification of implementation of *Lean Product Development* practices in Brazilian companies.** Completion of Course Work – Industrial Engineering Department of São Carlos Engineering School. São Carlos: University of São Paulo, 2013.

With the growing competition in the market and increased consumer demand, companies are under pressure to innovate their products, in a faster pace and at lower costs. Due to the competitive advantage that the product development provides, the Product Development Process (PDP) is increasingly becoming an important entrepreneurial competence. However, companies face difficulties in the management and improvement of the process since it involves many areas of the company, it deals with large volumes of information and it has to be adapted to the particularities of each product. For better management of the PDP and to meet market needs, there are various management approaches, such as the *Lean Product Development* (LPD), which seeks to simplify the process and eliminate waste through continuous improvement. This work aims to study the practices contained in the LPD approach and to verify the application of these by Brazilian companies, as well as their potential benefits. To this end, a questionnaire was prepared containing all the 27 practices identified at the theoretical framework and four case studies were conducted in companies from various industrial sectors. It was detected that the companies face difficulties on applying more complex concepts, such as *Set-Based Concurrent Engineering* and *Design Review Based on Failure Mode*. None of the interviewed companies have the Product Development Process based on the concepts of the *Lean Product Development*.

Keywords: product development process, best practices, *Lean Product Development*, LPDS, *Lean Product Development System*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura hierárquica organizada funcionalmente. Fonte: Rozenfeld et al. (2006).....	21
Figura 2 - Estrutura hierárquica organizada por projetos. Fonte: Rozenfeld et al. (2006).....	21
Figura 3 - Estrutura hierárquica organizada matricialmente. Fonte: Rozenfeld et al. (2006).....	22
Figura 4 - Tempo gasto entre as diferentes categorias de atividades no Desenvolvimento de Produtos. Fonte: Oehmen e Rebentisch (2010).....	24
Figura 5 - Elementos dos Sistemas Enxutos de Desenvolvimento de Produtos. Adaptado de: Morgan e Liker (2006).	27
Figura 6 - Efeitos da Engenharia Simultânea no Desenvolvimento de Produtos. Adaptado de: Rozenfeld et al. (2006).	31
Figura 7 - Exemplo de uma curva de <i>trade-off</i> . Adaptado de: Morgan e Liker (2006).	42
Figura 8 - Seqüência para a condução do estudo de caso. Fonte: Miguel (2012).....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Os sete desperdícios no Desenvolvimento de Produtos. Adaptado de: Morgan e Liker (2006).	24
Tabela 2 - Seis desperdícios no Desenvolvimento de Produtos. Adaptado de: Ward (2007).	25
Tabela 3 - Exemplo de uma matriz de decisão. Fonte: Morgan e Liker (2006).	43
Tabela 4 - Situações relevantes para as diferentes estratégias de pesquisa. Adaptado de: Yin (2003).	47
Tabela 5 - Unidades de análise versus unidades de coleta de dados. Adaptado de: Yin (2003).	49
Tabela 6 - Questionário de perfil dos entrevistados.	50
Tabela 7 - Questionário de verificação da aplicação de práticas de Lean Product Development.	51
Tabela 8 - Compilação das respostas ao questionário aplicado na Empresa A.	59
Tabela 9 - Compilação das respostas ao questionário aplicado na Empresa B.	61
Tabela 10 - Compilação das respostas ao questionário aplicado na Empresa C.	64
Tabela 11 - Compilação das respostas ao questionário aplicado na Empresa D.	66
Tabela 12 - Consolidação dos resultados obtidos.	69

LISTA DE ABREVIATURAS

PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
LDP	<i>Lean Product Development</i>
AAV	Atividades que agregam valor
ANV	Atividades que não agregam valor
ANVN	Atividades que não agregam valor mas são necessárias
LPDS	<i>Lean Product Development System</i>
SBCE	<i>Set-Based Concurrent Engineering</i>
DRBFM	<i>Design Review Based on Failure Mode</i>
EDM	Equipes de Desenvolvimento de Módulos
EC	Engenheiro-Chefe
ES	Engenheiro Simultâneo
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>
FEA	<i>Finite Elements Analysis</i>
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
CAPP	<i>Computer Aided Process Planning</i>
PDVSM	<i>Product Development Value Stream Mapping</i>

SUMÁRIO

1. Introdução	14
1.1 Contexto	14
1.2 Questão de pesquisa e objetivos	14
1.3 Justificativa	15
2. Revisão Bibliográfica	15
2.1 Processos de Negócio	15
2.1.1 Definição de Processos de Negócio	16
2.2 Processo de Desenvolvimento de Produtos	17
2.2.1 Fatores gerenciais que afetam o desempenho do PDP	19
2.2.2 Estruturas organizacionais para o PDP	20
2.3 Mentalidade Enxuta	23
2.4 Desperdícios no PDP	24
2.5 Melhores Práticas	25
2.6 Desenvolvimento Enxuto de Produtos	26
2.6.1 Subsistema Processos	28
2.6.2 Subsistema Pessoas	35
2.6.3 Subsistema Ferramentas e Tecnologias	40
3. Metodologia	46
3.1 Definição da estratégia de pesquisa	46
3.2 Protocolo para condução dos estudos de caso	47
3.2.1 Etapa 1 - Definir uma estrutura conceitual-teórica	48
3.2.2 Etapa 2 - Planejar os casos	49
3.2.3 Etapa 3 - Conduzir teste piloto	57
3.2.4 Etapa 4 - Coletar os dados	57
3.2.5 Etapa 5 - Analisar os dados	57
3.2.6 Etapa 6 - Gerar relatório	58
4. Resultados	58
4.1 Estudo de Caso - Empresa A	58
4.2 Estudo de Caso - Empresa B	61
4.3 Estudo de Caso - Empresa C	63
4.4 Estudo de Caso - Empresa D	66

5. Análise dos Resultados e Conclusão	68
6. Limitações do trabalho e sugestões para trabalho futuros	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
Apêndice A – Respostas da Empresa A ao questionário de verificação de aplicação das práticas	75
Apêndice B – Respostas da Empresa B ao questionário de verificação de aplicação das práticas	78
Apêndice C – Respostas da Empresa C ao questionário de verificação de aplicação das práticas	81
Apêndice D – Respostas da Empresa D ao questionário de verificação de aplicação das práticas	84

1. Introdução

1.1 Contexto

A capacidade das empresas em inovar e criar novos produtos é essencial para que estas se renovem e consigam manter-se competitivas no ambiente dinâmico em que se encontram (BESSANT, 2003). Nesse contexto, o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) tem se tornado uma competência empresarial cada vez mais importante e com grande capacidade de gerar vantagem competitiva às empresas. Entretanto, como ressaltam Clark e Fujimoto (1991), poucas empresas conseguem obter um Processo de Desenvolvimento de Produtos que gere resultados consistentes no longo prazo.

Surge então, a necessidade de gerenciar o PDP afim de melhorar a eficácia e eficiência do processo, gerando resultados mais satisfatórios com o menor emprego de recursos. A fim de garantir a melhoria do processo, existem diferentes abordagens possíveis na gestão do processo como a Engenharia Simultânea, o *Product Lifecycle Management* (PLM), o *Design for Six Sigma*, e o *Lean Product Development* (LDP). Esta última abordagem busca eliminar os desperdícios que ocorrem durante o processo e das atividades que não geram valor para o consumidor final, por meio da aplicação de um conjunto de conceitos, técnicas e procedimentos, denominados neste trabalho como práticas.

Este trabalho visa se dedicar, portanto, ao estudo das práticas da abordagem do *Lean Product Development* e verificar o uso destas pela comunidade prática.

1.2 Questão de pesquisa e objetivos

A questão que essa pesquisa visa responder é: As empresas de manufatura que desenvolvem produtos, conhecem e aplicam as práticas da abordagem do *Lean Product Development*?

Os objetivos, portanto, que derivam dessa questão de pesquisa são: verificar o nível de conhecimento que as empresas possuem sobre as práticas da abordagem do LPD e verificar a aplicação destas no desenvolvimento de produtos pelas empresas.

1.3 Justificativa

A dificuldade em obter-se um processo de desenvolvimento de produtos que gere resultados contínuos e fluxos de valor rentáveis no longo prazo, como ressaltam Clark e Fujimoto (1991) e Ward (2007), está associada, em grande parte, aos desperdícios que ocorrem ao longo do processo, diminuindo a sua eficiência e eficácia.

A abordagem do *Lean Product Development* para o gerenciamento do processo de desenvolvimento visa eliminar esses desperdícios do processo e garantir resultados contínuos. Porém, sua implantação é dificultada devido à falta de referências da literatura quanto as melhores práticas da abordagem.

É relevante, portanto, buscar identificar as práticas e verificar a compreensão e aplicação destas pelas empresas no processo de desenvolvimento de produtos.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Processos de Negócio

Segundo Hammer e Champy (1993), os resultados alcançados pelas organizações têm sido drasticamente diferentes daqueles esperados, uma vez que suas capacidades de adaptação a mercados cada vez mais dinâmicos e competitivos estão restritas à tradicional divisão das organizações em áreas funcionais. Rozenfeld (1996) destaca que, decorrente dessa divisão, muitas

empresas possuem diretores com visões parciais da empresa, dificultando a compreensão do todo e a tomada de decisão.

Davenport (1993) complementa afirmando que a competição acirrada entre as organizações tornou necessária uma nova visão sobre os negócios, através de uma abordagem que os considerasse como um conjunto de processos-chave e focasse em *como* eles são realizados. Essa abordagem foi denominada Processos de Negócio.

2.1.1 Definição de Processos de Negócio

Harrington (1991) define Processo de Negócio como todo e qualquer processo composto por tarefas concatenadas de maneira lógica, que utilizam os recursos de uma organização com objetivo de dar suporte ao processo produtivo. Davenport (1993) o caracteriza como um conjunto estruturado de atividades – com entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*), um início e um fim bem definidos – pelo qual uma organização é capaz de produzir valor para um grupo de clientes ou mercado através de um resultado específico. Moreira (1994) complementa as definições dizendo que processo é uma seqüência de transformações de informações ou objetos físicos.

Hammer e Champy (1993) e Harrington (1991) citam outras características comuns a Processos de Negócio bem estruturados:

- envolvimento de diversas áreas organizacionais;
- possuir um escopo bem definido, onde se inicia e termina o processo;
- possuir uma pessoa responsável pelo processo inteiro;
- possuir procedimentos e padrões de documentação e de mudanças no processo;
- possuir objetivos e um sistema de medição quanto ao desempenho do processo.

Rozenfeld (1996) acrescenta que o conceito de Processo de Negócio é capaz de fornecer uma visão holística formalizada das organizações, evidenciando as integrações entre os conjuntos de atividades e rompendo com a visão clássica parcial.

Outros benefícios decorrentes do uso desta abordagem são discutidos por Hammer e Champy (1993) e Harrington (1991):

- Fornecimento de uma medida dos custos da não-qualidade dos processos e de seus desperdícios às organizações;
- Auxílio no relacionamento entre áreas organizacionais;
- Prevenção de erros por meio da identificação de suas fontes;
- Definição de um método para corrigir erros;
- Auxílio na compreensão de como os *inputs* dos processos se transformam em *outputs*.

Assim, para usufruir desses benefícios, os processos deveriam ser constantemente melhorados para acompanhar a evolução da complexidade do ambiente de negócios tornando-se mais eficazes, alcançando os objetivos desejados; sendo mais eficientes, minimizando os recursos utilizados; e adaptáveis, moldando-se às necessidades dos clientes e da organização (HARRINGTON, 1991).

2.2 Processo de Desenvolvimento de Produtos

Entre os diversos Processos de Negócio dentro das organizações, o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) adquire cada vez mais destaque. Rozenfeld et al. (2006), definem o Processo de Desenvolvimento de Produtos como o processo por meio do qual as empresas transformam informações e criam novos produtos para atender mercados específicos. Eles detalham o PDP como um conjunto de atividades seqüenciais que buscam considerar as restrições e possibilidades tecnológicas da empresa, bem como sua estratégia competitiva, para traduzir as necessidades dos consumidores em requisitos que o produto deve possuir. Eles destacam ainda, que o PDP deve planejar as atividades de acompanhamento, descontinuação e retirada do produto do mercado e, em seguida, incorporar as lições aprendidas por todo o ciclo de vida do produto ao processo.

Segundo Clark e Fujimoto (1991), desenvolver produtos melhores e mais rapidamente, de maneira eficaz e eficiente, tem sido o principal objetivo competitivo nas organizações em decorrência de três fatores: a crescente internacionalização dos mercados; a fragmentação dos mercados e, conseqüentemente, o aumento da

exigência dos consumidores; e a constante evolução tecnológica. Rozenfeld et al. (2006) complementam com outros dois fatores que também afetam o desempenho do PDP: o aumento da diversidade de produtos no mercado e o encurtamento do ciclo de vida dos produtos.

Clark e Fujimoto (1991) acrescentam que a habilidade de um produto atrair e satisfazer um cliente é afetada por três parâmetros de desempenho do processo de desenvolvimento: a qualidade total do produto, ou a extensão da satisfação do cliente com o produto; o *lead time*, ou tempo de atravessamento, que representa uma medida da rapidez com que uma organização consegue desenvolver um novo produto; e a produtividade do processo, medindo a quantidade de recursos necessários para executá-lo.

Portanto, é necessário tornar esse processo uma fonte constante de vantagens competitivas com ênfase não apenas no custo e desempenho técnico do produto mas também na facilidade de fabricá-lo, no lançamento do produto no mercado em menor tempo e na descontinuação de sua fabricação. O processo deve ser melhorado continuamente, a cada projeto, para o desenvolvimento de produtos no futuro (ROZENFELD et al., 2006).

Entretanto, Clark e Fujimoto (1991) constatam que poucas são as empresas que possuem um PDP consistente, capaz de oferecer resultados satisfatórios a longo prazo. Segundo Rozenfeld et al. (2006), é por ser um processo de negócio distinto dos demais, altamente complexo e dinâmico que o gerenciamento do PDP se torna difícil. Isso se deve pois o processo envolve:

- um alto grau de interação entre as diversas áreas da empresa;
- um grande volume de informações;
- a necessidade de se tomar decisões importantes ainda no início do processo, que é também o momento de maior incerteza;
- a dificuldade de se alterar essas decisões iniciais;
- a particularidade de cada produto;
- um ciclo iterativo de Projetar, Construir, Testar e Otimizar.

Clark e Fujimoto (1991) afirmam que as empresas com melhor desempenho nesse processo possuem consistência em diversos fatores que o compõem, como as habilidades técnicas, os fatores gerenciais, a estrutura organizacional, as abordagens para resolução de problemas, a cultura e a estratégia.

2.2.1 Fatores gerenciais que afetam o desempenho do PDP

Rozenfeld et al. (2006) afirmam que o modo como as empresas gerenciam o PDP é que determinará não só a qualidade, a eficiência e a velocidade do processo de desenvolvimento, mas o sucesso do produto no mercado. Eles acrescentam que os principais fatores gerenciais que interferem no desempenho do PDP são:

- a. O grau de integração do processo de desenvolvimento com as estratégias de mercado, de produto e de desenvolvimento tecnológico da empresa. Todas as atividades ao longo do processo devem estar alinhadas com essas estratégias de modo a assegurar um portfólio de produtos que contribua para a competitividade da empresa.
- b. O compartilhamento de tecnologias básicas, componentes e conceitos entre projetos. O gerenciamento do portfólio de produtos deve ocorrer por meio de uma visão sistêmica que permita o relacionamento e o compartilhamento entre os projetos.
- c. O envolvimento da cadeia de fornecedores e clientes no início do desenvolvimento. A participação dos fornecedores contribui tanto para acelerar a conclusão do projeto quanto para antecipar a solução de problemas do projeto. Já a participação dos clientes resulta numa melhor adequação do produto às suas necessidades, aumentando a qualidade do produto desenvolvido.
- d. A integração entre as áreas funcionais da empresa. A maior integração entre os departamentos facilita a troca de informações, permitindo a introdução de novas tecnologias mais rapidamente, o encurtamento no tempo de lançamento, a maior adequação do produto às necessidades dos clientes e a maior facilidade de fabricação do produto.
- e. O papel desempenhado pelos líderes e gerentes de projetos. Os líderes e gerentes auxiliam no relacionamento do time de desenvolvimento com a alta administração e com os gerentes de outras áreas funcionais, influenciando diretamente o desempenho do time de desenvolvimento, pois resolvem conflitos, fornecem recursos e dão uma visão dos objetivos a serem alcançados pelo time.

- f. A interdisciplinaridade das equipes de desenvolvimento de projeto. A afinidade e a interdisciplinaridade dos membros da equipe, bem como a estrutura organizacional em que estão inseridos, favorecem o desempenho da equipe.

2.2.2 Estruturas organizacionais para o PDP

As equipes de desenvolvimento de projeto devem ser organizadas de acordo com a estrutura organizacional mais adequada aos projetos desenvolvidos pela empresa. Durante a análise, devem ser consideradas as características e limitações da empresa, como por exemplo, o porte, a capacidade de integração entre as áreas e, mais importante, o tipo de liderança necessária nos projetos. É importante ressaltar também que devido ao comportamento dinâmico do PDP, a empresa deve reavaliar continuamente a adequação de sua estrutura organizacional buscando fortalecer o processo de desenvolvimento (ROZENFELD et al., 2006).

Rozenfeld et al. (2006) caracterizam três diferentes tipos de estrutura organizacional:

- Estrutura funcional: Nesse tipo de estrutura, os indivíduos são organizados de acordo com as funções que desempenham e as equipes de projeto são formadas por indivíduos dos diferentes departamentos funcionais, conforme mostra a Figura 1. As áreas funcionais possuem orçamento e espaço físico próprios, e, geralmente, um gerente com origem na própria unidade (ROZENFELD et al., 2006).

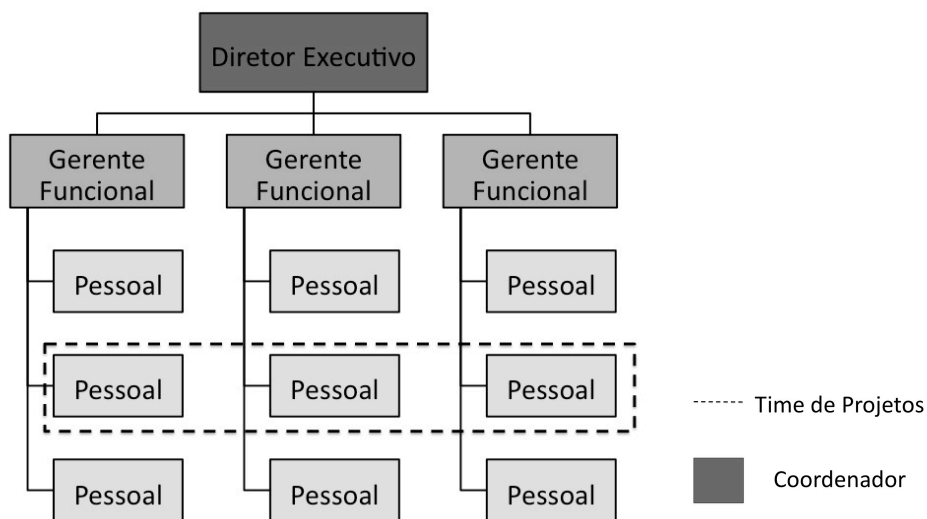


Figura 1 - Estrutura hierárquica organizada funcionalmente. Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

- Estrutura por projeto: Nesse tipo de estrutura, os indivíduos são reorganizados continuamente, de acordo com os projetos em que trabalham, mesmo que façam parte de um departamento funcional. Os indivíduos se reportam a um gerente de projeto, e não a um gerente funcional, e dispõem de orçamentos e espaço físico dedicados ao projeto, conforme mostra a Figura 2 (ROZENFELD et al., 2006).

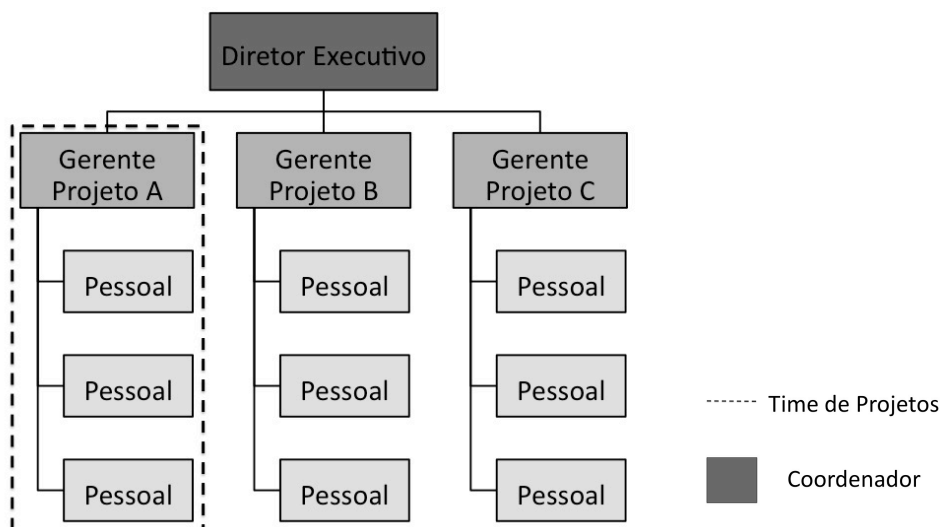


Figura 2 - Estrutura hierárquica organizada por projetos. Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

- Estrutura matricial: Nesse tipo de estrutura, busca-se mesclar as características da estrutura funcional com as características da estrutura por projeto. Em uma organização com estrutura matricial os indivíduos possuem

vínculos tanto com os departamentos funcionais quanto com os projetos de que participam. O indivíduo passa a responder a dois superiores: o gerente funcional e o gerente de projetos, conforme a Figura 3 exemplifica (ROZENFELD et al., 2006).

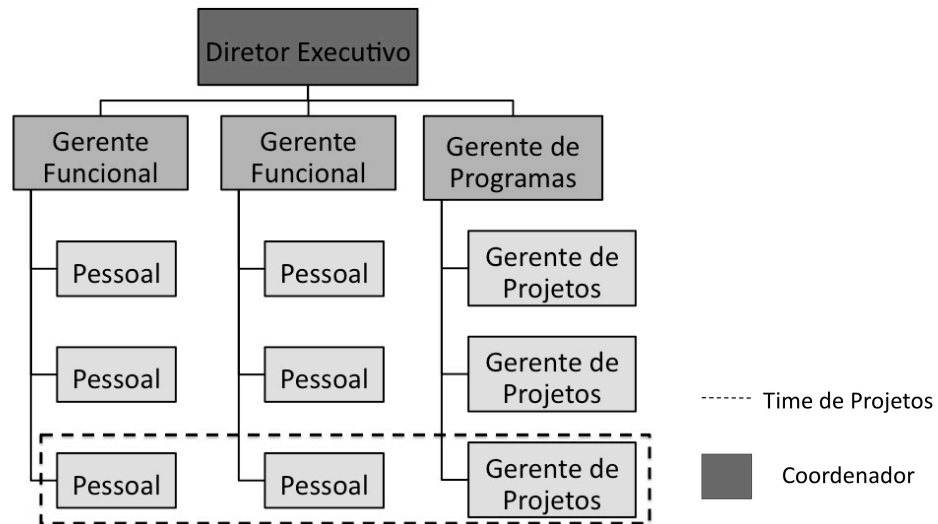


Figura 3 - Estrutura hierárquica organizada matricialmente. Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

Entretanto, Rozenfeld et al. (2006) comentam que por questões práticas, esse relacionamento hierárquico tende a se fortalecer com apenas um dos superiores, surgindo, então, duas variações da estrutura matricial:

- Estrutura de Projeto Peso Pesado: Essa estrutura apresenta indivíduos com ligações mais fortes com os gerentes de projeto e natureza *cross*-funcional. O gerente de projetos possui maior autonomia no orçamento e autoridade que o gerente funcional, sendo responsável pela avaliação de pessoal (ROZENFELD et al., 2006).
- Estrutura de Projeto Peso Leve: Essa estrutura apresenta indivíduos com ligações mais fortes com os gerentes funcionais. Os gerentes de projeto não possuem autoridade sobre os indivíduos, sobre o orçamento do projeto ou sobre a avaliação de pessoal. As atividades do time de desenvolvimento estão mais relacionadas às tarefas operacionais de gestão de projetos (ROZENFELD et al., 2006).

2.3 Mentalidade Enxuta

A mentalidade enxuta consiste em realizar cada vez mais com o menor uso de recursos através da redução dos desperdícios nos processos empresariais. Womack e Jones (2004) propõem cinco princípios para eliminar os desperdícios e entregar mais valor aos consumidores:

1. Obter uma definição clara e precisa do que o consumidor final entende como valor, em termos de um produto que atenda suas necessidades específicas.
2. Identificar o fluxo de valor que o produto atravessa e eliminar as atividades que não adicionam valor para o consumidor.
3. Promover o fluxo contínuo entre as atividades que agregam valor de modo a não interromper a criação de valor.
4. Permitir ao consumidor puxar o valor apenas quando necessário, eliminando os estoques.
5. Melhorar continuamente os processos eliminando os desperdícios, e buscar a perfeição.

Estes princípios são aplicados de maneira a remover qualquer atividade que utilize os recursos de uma organização mas que não criem valor para os clientes (WOMACK E JONES, 2004).

Hines e Taylor (2000) classificam em três grupos distintos As atividades que compõem os processos internos das organizações são classificadas em três grupos distintos, segundo Hines e Taylor (2000):

- Atividades que agregam valor (AAV): São as atividades que, na visão do cliente, tornam o produto ou serviço mais valioso.
- Atividades que não agregam valor (ANV): São as atividades que não tornam o produto ou serviço mais valioso e que não são necessárias para a execução do processo.
- Atividades que não agregam valor mas são necessárias (ANVN): São as atividades que não agregam valor ao cliente mas que, na configuração atual do processo, são necessárias para sua execução. Para eliminá-las é necessário modificar o processo.

2.4 Desperdícios no PDP

Oehmen e Rebutisch (2010) afirmam que a maior parte do tempo decorrido no desenvolvimento de produtos é desperdiçado em tarefas que não agregam valor, conforme a Figura 4 exemplifica:

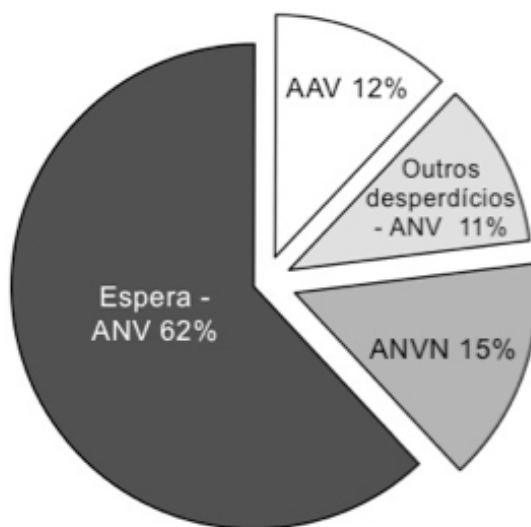


Figura 4 - Tempo gasto entre as diferentes categorias de atividades no Desenvolvimento de Produtos. Fonte: Oehmen e Rebutisch (2010).

Entretanto, Oehmen e Rebutisch (2010) afirmam que é difícil distinguir os desperdícios das atividades que agregam valor durante o desenvolvimento de produtos devido às próprias características do processo.

Morgan e Liker (2006) propõem, então, sete diferentes categorias de desperdícios para facilitar a identificação das atividades que não agregam valor no PDP, conforme ilustrado na Tabela 1:

Tabela 1 - Os sete desperdícios no Desenvolvimento de Produtos. Adaptado de: Morgan e Liker (2006).

Desperdícios	O que representam?
Produção excessiva	Produzir antecipadamente ou mais que o necessário para a etapa seguinte do processo
Espera	Esperar por materiais, informações ou decisões
Transporte	Transportar materiais ou informações de um lugar ao outro

Processamento	Tarefas e atividades desnecessárias
Estoque	Acúmulo de informações não utilizadas
Movimentação	Movimentação excessiva durante a execução das tarefas
Correção	Inspeção de qualidade das tarefas ou retrabalho

Já Ward (2007), classifica os desperdícios que ocorrem no PDP como sendo desperdícios de conhecimento e os divide em três categorias, com duas subcategorias cada:

Tabela 2 - Seis desperdícios no Desenvolvimento de Produtos. Adaptado de: Ward (2007).

Desperdício de conhecimento	Dispersão	Ferramentas obsoletas
		Barreiras de comunicação
	Renúncia de responsabilidade	Informação inútil
		Espera
	Otimismo exagerado	Conhecimento descartado
		Testes para especificações

2.5 Melhores Práticas

Segundo Jarrar e Zairi (2000), o conceito de melhores práticas é definido como procedimentos documentados, testados e passíveis de replicação que fornecem, comprovadamente, resultados consistentes e superiores às demais práticas. Algumas das principais barreiras na aplicação das melhores práticas em empresas são a falta de conhecimento das melhores práticas atuais, a falta de motivação em realizar as mudanças necessárias para adotá-las, e a falta de conhecimento e habilidades necessárias para aplicá-las (JARRAR e ZAIRI, 2000).

Simard e Rice (2007) destacam outras barreiras na adoção das melhores práticas e as dividem em três grupos:

- a. Contexto organizacional: as barreiras deste grupo são relacionadas às dificuldades culturais de implantação das práticas pelas empresas. Situam-se neste grupo as dificuldades de criação e absorção de novos conhecimentos, resistência à mudanças, tamanho da empresa e ambiente organizacional.

- b. Processo de difusão: este grupo relaciona as dificuldades de transmissão das práticas entre organizações e entre pessoas internas à mesma empresa. Relaciona também o grau de complexidade da prática, a proximidade entre a fonte de difusão e fonte de recepção e a dificuldade de reter o conhecimento obtido.
- c. Gerenciais: neste grupo estão as dificuldades criadas pela falta de comprometimento da gerência e de treinamento das pessoas, e da criação de sistemas de recompensa não alinhados com a prática.

2.6 Desenvolvimento Enxuto de Produtos

A abordagem do Desenvolvimento Enxuto de Produtos visa eliminar os desperdícios que ocorrem do processo. Morgan e Liker (2006) definem Desenvolvimento Enxuto de Produtos, ou *Lean Product Development* (LPD), como um conjunto de ferramentas que eliminam os desperdícios e criam um fluxo de material e informação através de processos de transformação.

Rozenfeld et al. (2006) destacam que a abordagem de gestão do LPD, fornece uma visão mais orgânica do processo, promovendo a simplificação das formalizações excessivas e valorizando ao máximo a experimentação e a aprendizagem. Eles afirmam que outra contribuição dessa abordagem é a proposta de retardar ao máximo a tomada de decisões de detalhes do projeto, pois serão melhores decididos nas etapas finais do projeto.

Womack, Jones e Roos (2004) complementam ao afirmar que o LPD incentiva a incorporação, desde o início dos projetos de novos produtos, das engenharias industrial e de processos nas equipes, contribuindo para uma resolução mais rápida dos problemas.

Morgan e Liker (2006) propõem uma abordagem, baseada no Processo de Desenvolvimento de Produtos da empresa automotiva Toyota, para detalhar e analisar os Sistemas Enxutos de Desenvolvimento de Produtos, ou *Lean Product Development System* (LPDS).

A Toyota apresenta um sistema que é aprimorado continuamente e integra todos os diferentes departamentos da companhia. O sucesso do modelo de

desenvolvimento de produtos da Toyota deriva não apenas da excelente integração entre pessoas, processos, ferramentas e tecnologias, criando uma base sólida para a criação de valor para os consumidores, como também dos excelentes engenheiros envolvidos, do uso de ferramentas simples mas poderosas, da cultura de trabalho em equipe e dos eventos *kaizen*, que melhoram continuamente o processo (MORGAN e LIKER, 2006).

O modelo proposto por Morgan e Liker (2006) representa as diferentes partes constituintes de um sistema sócio-técnico. A parte técnica é composta pelas máquinas, políticas e procedimentos operacionais padrão da organização. A parte social é representada pela seleção, desenvolvimento, características das pessoas e cultura emergente da interação entre elas.

Apesar da importância individual das ferramentas utilizadas na Toyota, é o funcionamento harmônico do sistema e uma abordagem holística do sistema que possibilita a integração de toda a empresa que o torna extremamente poderoso (MORGAN e LIKER, 2006).

O modelo de um LPDS proposto por Morgan e Liker (2006), como representado na Figura 6, é composto pelos seguintes três subsistemas:

- a. Processos;
- b. Pessoas;
- c. Ferramentas e Tecnologias.



Figura 5 - Elementos dos Sistemas Enxutos de Desenvolvimento de Produtos. Adaptado de: Morgan e Liker (2006).

Optou-se, nesse trabalho, pela utilização do modelo proposto por Morgan e Liker (2006) pela maior facilidade de identificação e de categorização das práticas de LPD.

2.6.1 Subsistema Processos

Morgan e Liker (2006) definem o subsistema de processos como o subsistema que compreende todas as tarefas e sequências de tarefas necessárias do processo de desenvolvimento de produtos. Apesar das particularidades de cada produto e da sua baixa repetitividade, Morgan e Liker (2006) afirmam que é possível padronizar as atividades do processo, refiná-las por meio da eliminação dos desperdícios do processo e reduzir continuamente o tempo de desenvolvimento e os custos envolvidos.

Associadas a este subsistema, foram identificadas as seguintes práticas:

1. Busca pela excelência e melhoria contínua

O aprendizado contínuo é uma característica fundamental para uma organização enxuta, sendo um dos principais fatores competitivos da organização. Os mecanismos de aprendizado devem se tornar inerentes ao PDP, formando uma cultura por busca da excelência (SPEAR e BOWEN, 1999).

Os resultados são melhores alcançados quando existem meios formais de transmissão do conhecimento tácito por meio da co-criação do conhecimento e da troca entre as pessoas, estimulados por meio de observações *in situ* e de uma profunda investigação sobre o problema, ou por demonstrações de novas tecnologias dos fornecedores, análise de desconstrução de produtos competidores e ênfase na resolução antecipada de problemas. Desta maneira, os princípios da mentalidade enxuta se tornam balizadores do processo de melhoria (MORGAN e LIKER, 2006; WARD, 2007; SPEAR e BOWEN, 1999).

2. Categorização do portfólio de produtos

A divisão dos projetos de novos produtos em diferentes categorias, de acordo com o seu grau de inovação em relação aos projetos anteriores, permite que a empresa diversifique o portfólio de produtos e inove sistematicamente, além de trazer benefícios quanto à definição do escopo, da duração e dos recursos do projeto (WARD, 2007).

Rozenfeld et al. (2006), cita a subdivisão mais comum dos projetos em quatro categorias:

- a. Projetos incrementais - são os projetos onde são realizadas atualizações de componentes ou pequenas alterações de projetos já existentes. Projetos desta categoria permitem estender o ciclo de vida do produto e necessitam de menos recursos durante sua realização.
- b. Projetos plataforma - esta categoria de projeto objetiva conduzir alterações no projeto do produto sem, entretanto, inovar em tecnologia ou materiais. Projetos de desenvolvimento de plataformas de produtos, onde existe uma estrutura que dá suporte a diversos modelos da família de produto são inseridos nesta categoria.
- c. Inovações radicais - projetos desta categoria envolvem um desenvolvimento estratégico de componentes e resultam em modificações relevantes no produto, incorporando novas tecnologias ou materiais, e também resulta na criação de novos sistemas de manufatura.
- d. Projetos de pesquisa - Estes projetos buscam gerar conhecimento e não buscam o sucesso financeiro. São utilizados para desenvolver novas tecnologias e testar novos materiais, componentes e conceitos.

3. Fase de estudo (Kentou)

A concentração dos esforços do time de desenvolvimento no início do projeto, durante a fase de estudo da arquitetura do produto e da definição das especificações iniciais dos subsistemas e componentes, permite que os problemas técnicos sejam antecipados e resolvidos ainda na fase onde existe o maior número de alternativas e os menores custos associados. A resolução destes problemas ocorre com o estudo de alternativas de soluções e da aplicação de lições aprendidas em projetos anteriores. São enfatizadas, principalmente, as interfaces entre os subsistemas e componentes do produto, estudando-as a fundo com intuito de evitar

mudanças emergenciais em fases mais avançadas do projeto e de verificar se os processos de manufatura estabelecidos as comportam (MORGAN E LIKER, 2006).

4. Fase de detalhamento acelerada

Em decorrência de uma fase de estudo mais prolongada e realizada em maior profundidade, torna-se possível acelerar a definição das especificações dos componentes, da lista de materiais, bem como a confecção dos desenhos técnicos e dos planos de processo. Isto permite que o projeto evolua mais rapidamente para as fases de preparação da produção e lançamento do produto e, também, reduz a quantidade de retrabalho necessário (ROZENFELD et al., 2006; MORGAN e LIKER, 2006).

5. Set-Based Concurrent Engineering (SBCE)

Vernadat (1996) afirma que a Engenharia Simultânea objetiva reduzir o tempo de lançamento de um produto por meio da maximização do paralelismo das atividades, executando-as simultaneamente.

A abordagem se baseia no *design* integrado do produto, com participação de diversas áreas funcionais e equipes formadas por processistas e projetistas, buscando antecipar ao máximo as decisões de engenharia e de manufatura, reduzindo as quantidades de alterações no projeto, em fases mais avançadas (ROZENFELD et al., 2006; VERNADAT, 1996).

Rozenfeld et al. (2006) comparam, na Figura 6, o método tradicional e o custo de modificação do projeto com os efeitos da Engenharia Simultânea, ao longo do tempo.

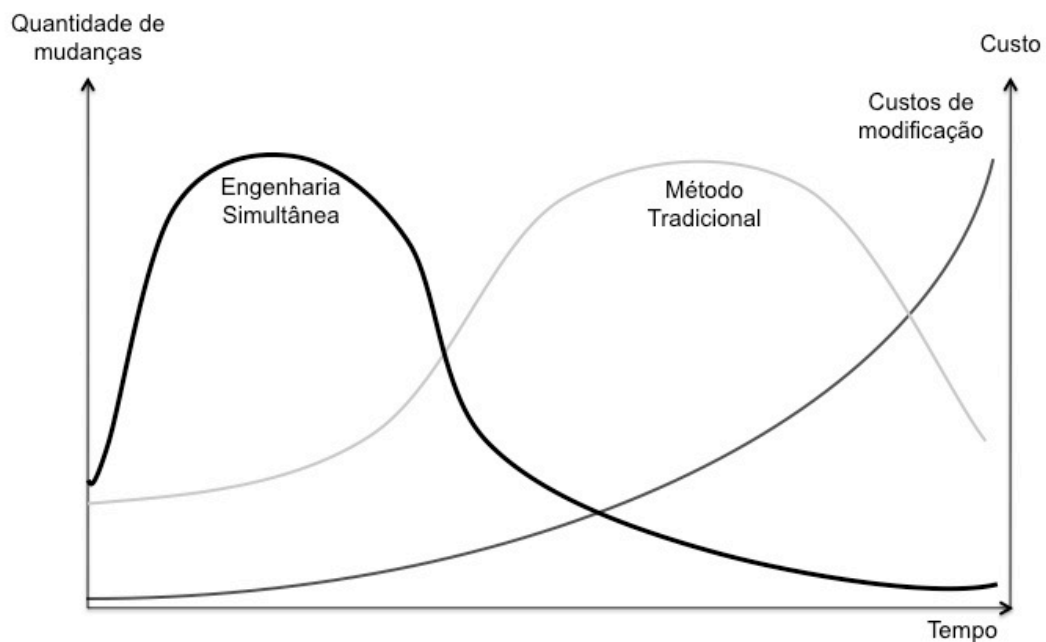


Figura 6 - Efeitos da Engenharia Simultânea no Desenvolvimento de Produtos. Adaptado de: Rozenfeld et al. (2006).

A SBCE, um conceito estendido da Engenharia Simultânea, estimula a geração de conjuntos de alternativas que serão estudadas e analisadas de acordo com as suas compatibilidades e restrições, simultaneamente por diversas equipes, em relação a outras partes do projeto, até que seja escolhida uma única solução ótima, contribuindo significativamente para reduzir a variabilidade do processo e o retrabalho (MORGAN E LIKER, 2006; SOBEK et al., 1999).

Esta abordagem permite encontrar soluções mais robustas, pois auxilia na identificação e resolução de problemas o mais cedo possível, evitando alterações futuras do projeto. A SBCE também acelera o processo de desenvolvimento pois converge mais rapidamente para uma solução ótima final (MORGAN E LIKER, 2006; SOBEK et al., 1999; WARD et al., 1995).

A SBCE encoraja engenheiros a discutirem alternativas antes da escolha final e promove, logo no início do projeto, que engenheiros de outras áreas participem dos estudos do conjunto de alternativas. A concentração dos esforços do time de desenvolvimento logo no início do projeto, onde há maior possibilidade de explorar os conjuntos de alternativas de soluções, aumenta drasticamente a possibilidade de desenhar conceitos robustos, que possam ser reutilizados em projetos futuros. (SOBEK et al., 1999; WARD et al., 1995).

Sobek et al. (1999) estruturam a abordagem de SBCE em três princípios:

- a. Mapear o espaço de soluções: este princípio visa definir os limites de viabilidade das alternativas, delimitando as regiões praticáveis, através da compreensão das relações e restrições das alternativas. O espaço de soluções deve refletir não apenas as restrições de alternativas para o produto, mas também para o processo de manufatura. As análises das alternativas de solução são agressivas e simples, realizadas por meio de ferramentas como as curvas de *trade-offs*, matrizes de decisão e *checklists* e são realizadas por equipes dedicadas apenas à eliminação de alternativas. A intenção é convergir rapidamente para as de melhor resultado.
- b. Integrar pelas intersecções: este segundo princípio propõe a busca de soluções que contribuam para o melhor desempenho do produto como um todo com o estudo das intersecções entre as partes. São impostas restrições mínimas ao produto, de maneira a não limitar o espectro de possibilidades e buscam-se conceitos mais robustos, que sejam adaptáveis a diversos projetos.
- c. Estabelecer a viabilidade de confecção antes da escolha: o último princípio busca afunilar gradativamente o conjunto de soluções através tanto do descarte das alternativas que possuem um desempenho inferior quanto do incremento no nível de detalhe das partes. A escolha pela melhor solução não é concretizada enquanto não houver garantia da viabilidade de confecção e da comprovação dos resultados que serão obtidos.

6. Wrap-up meetings

As *Wrap-up meetings* são reuniões conduzidas ao final de cada dia com todos os participantes chave, inclusive fornecedores, de maneira a sintetizar os avanços obtidos, relatar as lições aprendidas e promover o alinhamento entre as partes, definindo o curso de ação para o dia seguinte. Além disso, permite que os gerentes participem e apoiem a linha de frente, dando liberdade às pessoas de relatarem as dificuldades encontradas e trocar conhecimento entre elas (MORGAN E LIKER, 2006; SUTHERLAND, 2004; WARD, 2007).

Estas reuniões auxiliam a estabelecer um ritmo de evolução das atividades, permitindo um avanço contínuo do projeto e a geração de conhecimento em

pequenas parcelas. Contribuem também para reduzir a quantidade de interrupções ao longo do dia na busca por informações, uma vez que receberão inputs das outras áreas durante as reuniões (WARD, 2007).

7. Padronização

A padronização visa combater os desperdícios do PDP, pois ao padronizar os processos é possível identificar e remover as atividades desnecessárias para sua execução. Além disso, auxilia no estabelecimento de um fluxo de trabalho nivelado, garantindo uma evolução gradual e constante do projeto, e permitindo a melhor gestão dos recursos humanos (WARD, 2007).

Morgan e Liker (2006) afirmam que é possível reduzir a variabilidade de um LPDS e alcançar um sistema com grande estabilidade e previsibilidade por meio da padronização de tarefas básicas sem, no entanto, prejudicar a inovação e o uso de soluções criativas. São definidos três tipos possíveis de padronização:

- a. Padronização dos *designs*: é possível alcançar este tipo de padronização por meio do uso de *checklists*, que garantam que alguns aspectos do *design* sejam satisfeitos e as restrições de manufatura sejam respeitadas e haja a modularização de componentes. O desenvolvimento de conceitos robustos também contribui para a padronização, pois tornam-se elementos que serão compartilhados e reutilizados em outros projetos reduzindo os custos de design, manufatura e inventário.
- b. Padronização dos processos: este segundo tipo é alcançado por meio da padronização da seqüência de atividades, dando visibilidade à dependência de informação entre o time de desenvolvimento. O mesmo se aplica aos processos de manufatura, onde a criação de componentes que atravessem os mesmos processos reduzem a variabilidade do processo.
- c. Padronização das habilidades dos engenheiros: este tópico será detalhado no item 2.7.2.1 Práticas do Subsistema de Pessoas, prática número 13.

8. Design Review Based on Failure Mode (DRBFM)

O DRBFM é um método derivado do FMEA (*Failure Mode Effects and Analysis*) para a revisão de *designs* que permite identificar e prevenir possíveis

problemas de projeto causados pelas modificações de projeto. O método concentra o esforço do time de desenvolvimento nos aspectos críticos e nas alterações a serem realizadas, com ampla documentação em todas etapas (CARLSON, 2012).

O método do DRBFM é dividido em uma fase de análise e uma fase de revisão do *design*. A primeira consiste em analisar as mudanças de projeto. Para tanto, são registradas em documentos todas as alterações a serem realizadas e as funções desempenhadas pela parte do projeto. Em seguida, listam-se as potenciais falhas e as causas raiz relacionadas. Por fim, são estudadas as alterações de projeto que podem ser realizadas para prevenir que tais falhas venham a ocorrer. Todas as alterações são confrontadas com normas do projeto e *checklists*, de maneira a não prejudicar a funcionalidade do produto (LAURENTI et al., 2012).

Na segunda fase, os riscos das alterações são revisados e aprimorados por um time de especialistas e é desenvolvido um plano de ação para mitigação das causas e modos de falha. São realizados, também, experimentos para comprovação da robustez das alterações propostas. Neste momento, utiliza-se o *Ijiwaru Testing*, prática de *designs* ao limite de falha para cada um dos modos de falha listado. Os testes são realizados tanto em situações normais quanto anormais, e permite conhecer os reais limites físicos das partes, gerando extenso conhecimento do desempenho das partes (LAURENTI et al., 2012; MORGAN E LIKER, 2006).

9. Cross-checking

O *Cross-checking* é a prática de ter os sistemas, *designs* e componentes verificados independentemente por diferentes equipes do time de desenvolvimento. Esta conferência múltipla, realizada principalmente durante a fase de prototipação, eleva a qualidade do produto final e melhora os instrumentos de avaliação, pois aumenta-se a chance de detecção de erros e são aprimorados os *checklists* (MORGAN E LIKER, 2006).

10. Mizen Boushi

O *Mizen Boushi* é a prática de desenvolver ações preventivas e consiste em um processo disciplinado, com ênfase nas fases iniciais do projeto, que analisa e identifica prematuramente os possíveis problemas que o projeto do produto poderá

incorrer durante a sua produção. Os componentes e *designs* avaliados em projetos precedentes são descartados a fim de concentrar os esforços nos pontos críticos. Em seguida, é elaborado um plano de ações preventivas para reduzir e adequar estes pontos ao processo de manufatura (MORGAN E LIKER, 2006).

2.6.2 Subsistema Pessoas

Morgan e Liker (2006) definem o subsistema de pessoas como o subsistema que envolve a estrutura, o aprendizado organizacional, o desenvolvimento e treinamento das pessoas e dos estilos de liderança. Eles ressaltam a importância de se desenvolver pessoas imersas na cultura da empresa, com profundo conhecimento técnico, que questionem, reflitam e melhorem os produtos e processos.

Associadas a este subsistema, foram identificadas as seguintes boas práticas:

11. Equipes de Desenvolvimento de Módulos (EDMs)

As EDMs são equipes multifuncionais, compostas por diferentes engenheiros de manufatura, designers e engenheiros de produto, organizadas ao redor dos subsistemas do produto, e consistem de engenheiros que representem cada função a ser desempenhada pelo subsistema. Constituem um importante fator de integração do PDP na empresa e se dedicam à identificação e resolução de problemas técnicos, principalmente das interfaces entre os subsistemas, bem como desenvolver componentes e subsistemas que estejam alinhados com os objetivos do produto final, garantindo que os subsistemas sejam compatíveis e fabricáveis antes mesmo de estarem finalizados. (LEVINE, 2011; MORGAN E LIKER, 2006).

A participação de técnicos, operadores e das equipes de manutenção de máquinas nas equipes de desenvolvimento na avaliação de manufaturabilidade, no desenvolvimento de treinamentos, protótipos e procedimentos, auxilia na transmissão de conhecimento técnico e das restrições dos processos produtivos. (WARD, 2007).

12. Flexible Capacity

O PDP está sujeito à variabilidade devido à sobrecarga de pessoas ou processos, e irregularidade no fluxo de trabalho. Como consequência, ocorrem variações na quantidade de recursos necessários e envolvidos nas atividades de desenvolvimento, dificultando o planejamento de alocação dos recursos (MORGAN E LIKER, 2006).

A habilidade da organização em aumentar rapidamente a quantidade de recursos trabalhando nos gargalos por meio da inserção de profissionais técnicos na composição de suas equipes de trabalho, reduz os efeitos da variação de recursos. Para tanto, é necessário um grande compartilhamento de recursos entre os diversos projetos, participação de técnicos e fornecedores, e a capacitação dos projetistas (MORGAN E LIKER, 2006).

Para ampliar as habilidades dos engenheiros, promovem-se a rotação dos funcionários entre áreas e treinamentos *on the job*, de maneira a garantir que cada engenheiro possua conhecimento dos processos de manufatura e das necessidades do cliente. Busca-se fornecer uma ampla visão do negócio aos engenheiros, e favorecer a padronização das habilidades dos engenheiros, gerando flexibilidade no corpo de funcionários (MORGAN E LIKER, 2006; WARD, 2007).

13. Promoção e Supervisão do Conhecimento Técnico

Morgan e Liker (2006) afirmam que os sistemas enxutos são meritocráticos e organizados com base em uma hierarquia técnica, onde o conhecimento técnico de excelência é extremamente valorizado e desenvolvido durante toda a carreira técnica.

Os gerentes funcionais devem estar cientes do avanço de conhecimento técnico de seus subordinados e estimular a visualização *in situ* dos problemas, atuando como mentores e auxiliando no desenvolvimento dos conhecimentos de engenharia, das habilidades de resolução de problemas e de comunicação dos subordinados (BALLÉ e BALLÉ, 2005; MORGAN E LIKER, 2006).

A promoção das pessoas deve ser pautada nos resultados alcançados por ela, na qualidade do trabalho apresentado e no relacionamento com as outras

pessoas. Os gerentes e executivos devem dar suporte às pessoas que estão gerando valor (MONDEN, 1993; WARD, 2007).

14. Estrutura Matricial Compartilhada

Ward (2007) ressalta a importância de possuir um sistema de total responsabilidade de *design* pelo líder de projeto e total responsabilidade de supervisão técnica pelos gerentes funcionais, permitindo que o líder do projeto se dedique ao projeto e garantindo que a equipe tenha supervisão técnica diariamente.

Este tipo de estrutura promove o equilíbrio entre a necessidade de realizar as entregas do projeto com a necessidade de acumular conhecimento técnico e permite, também, uma melhor utilização do conhecimento gerado e dos recursos, e promove grande alinhamento da visão da organização em entregar valor para o consumidor (LEVINE, 2011; WARD, 2007).

15. Programa de Desenvolvimento de Líderes

A empresa deve possuir um programa de desenvolvimento pessoal para identificar potenciais líderes de projeto e líderes de departamento. As lideranças devem ser identificadas por meio da correspondência entre as habilidades necessárias do papel de liderança com aquelas que o indivíduo possui (LEVINE, 2011; WARD, 2007).

Os Engenheiros Chefe (EC) devem ser visionários e prover conceitos de produtos claros, consistentes e realizáveis para toda a organização. Devem possuir o conhecimento técnico necessário para decidir e tomar ações, e devem ser participativos, estarem visíveis e disponíveis. Os EC devem ser ensinados a consolidar todas as etapas do fluxo de valor de um projeto em um produto final que gere resultados para a organização (LEVINE, 2011; WARD, 2007).

O mesmo acontece para os líderes de departamento, que devem possuir conhecimentos técnicos profundos, transmitir conhecimento aos funcionários e supervisioná-los (WARD, 2007).

16. Sistema de Engenheiro-Chefe

O Engenheiro-Chefe (EC) na Toyota é responsável pela condução e integração de todo projeto com o LPDS, sendo responsável por compreender profundamente o que é valor na visão do clientes finais e traduzi-lo em características de desempenho do produto. Para tal, o EC e os integrantes de sua equipe participam de experiências diretas com o produto e são treinados tanto para aprender a resolver problemas quanto para reconhecer oportunidades de melhoria no produto, tornando o processo de avaliação de valor pela visão do cliente um importante instrumento (LEVINE, 2011; MORGAN E LIKER, 2006).

Em geral, os ECs são engenheiros que possuem um grande conhecimento técnico, uma visão holística do processo, conhecimento de mercado e habilidades de liderança. O EC é responsável não apenas pelas tarefas de um gerente de projeto, como garantir a entrega do projeto dentro dos prazos e do orçamento, mas também por elaborar o conceito do produto, definir os objetivos do projeto, definir a arquitetura, as características e o desempenho do produto, planejar, conduzir e coordenar o projeto (BALLÉ e BALLÉ, 2005; MORGAN E LIKER, 2006).

Ward (2007) adiciona que o EC deve ser responsável por criar e transmitir a visão de produto que direcionará todo o trabalho do time de desenvolvimento durante o projeto. A visão, ou conceito, deve ganhar profundidade e detalhamento conforme o projeto evolui e inspirar os projetistas a concretizá-la. O EC deve conseguir aprender rapidamente sobre as tecnologias disponíveis, controlar o processo de desenvolvimento, visualizar o LPDS como um todo e possuir tanto conhecimento técnico quanto comercial.

17. Voz do Consumidor

Nos LPDS, o consumidor é o ponto de partida, pois ao se definir valor sob a sua ótica, é possível identificar as atividades que não lhe geram valor e que ocasionam os desperdícios do sistema. Para melhor identificar o que representa valor para os clientes, ocorre a seleção de um Engenheiro-Chefe (EC) para cada projeto de produto, conduzindo o projeto por todas as fases do processo de desenvolvimento, com capacitação e experiência para coordenar todo o processo de desenvolvimento. O EC deve entender profundamente o que os consumidores valorizam e traduzir estes requisitos em características de desempenho do produto. Para tanto, o EC passa por extensos treinamentos e busca trabalhar em conjunto

com os clientes durante toda a fase de concepção do produto. Em seguida, as características de valor identificadas pelo EC e sua equipe são comunicadas por meio do Manual de Conceito, detalhado no item 2.7.2.3 Práticas no Subsistema Ferramentas e Tecnologias, prática número 23 (LEVINE, 2011; MORGAN E LIKER, 2006).

18. Fornecedores Participativos

Ballé e Ballé (2005) ressaltam a importância da integração dos fornecedores no processo de desenvolvimento desde seu início, de modo a contribuírem com conhecimento técnico de excelência. A organização deve comunicar as suas expectativas claramente aos fornecedores, aprender a trabalhar em conjunto e compartilhar o conhecimento porém, é importante que mantenha sob seu domínio o conhecimento estratégico e a responsabilidade pelo produto.

Uma prática que incentiva a participação dos fornecedores no PDP são os Engenheiros Residentes, onde ocorre a inclusão integral de engenheiros dos fornecedores na empresa, desde o início do desenvolvimento, reafirmando as relações da organização com seus fornecedores e auxiliando na troca de informações e na execução simultânea das tarefas de desenvolvimento (MORGAN E LIKER, 2006).

19. Engenheiro Simultâneo

Os Engenheiros Simultâneos (ES) são importantes agentes integradores entre as EDMs e a manufatura. Por possuírem profundo conhecimento dos processos de fabricação, os ES auxiliam as EDMs com questões técnicas de fabricação e orienta os engenheiros de manufatura que irão conduzir os processos de manufatura dos componentes (MORGAN E LIKER, 2006).

Cada EDM possui pelo menos um Engenheiro Simultâneo que trabalha aconselhando as equipes nos aspectos de manufatura de sua especialidade. Em geral, os ESs são engenheiros de manufatura que permanecem dedicados integralmente ao desenvolvimento do projeto e migram, conforme o grau de maturidade do projeto, para a manufatura. São responsáveis por analisar e auxiliar

no desenvolvimento de soluções para um conjunto de *designs* sob responsabilidade das EDMs e atingir objetivos de custos de produção (MORGAN E LIKER, 2006).

20. Hansei

Os eventos *Hansei* são eventos que promovem a reflexão sobre os pontos a serem desenvolvidos e aprimorados, tanto das pessoas quanto dos processos. É por meio dos eventos *Hansei* que os engenheiros podem identificar as falhas no PDP e também atualizar suas habilidades e conhecimentos, contribuindo com a melhoria contínua do processo e desenvolvendo a capacidade técnica (MONDEN, 1993).

Morgan e Liker (2006) definem três tipos de eventos *Hansei*:

- Eventos de reflexão pessoal: são eventos onde os supervisores auxiliam à reflexão dos engenheiros sobre suas habilidades e conhecimentos que devem ser melhorados. Os engenheiros devem, em seguida, desenvolver um plano de ação para alcançar os objetivos traçados durante esse evento.
- Eventos de reflexão em tempo real: são eventos constantes que ocorrem em pontos críticos do projeto enquanto este ainda está em execução, buscando evitar a perda de informações e atualizar os padrões utilizados no PDP.
- Eventos de reflexão *postmortem*: são eventos que ocorrem ao fim do projeto, onde avalia-se o desempenho, identificam-se os erros e acertos e sintetizam-se as reflexões do evento em lições aprendidas para aplicarem em projetos futuros no *Hetakuso-sekke* (livro de lições aprendidas).

2.6.3 Subsistema Ferramentas e Tecnologias

Morgan e Liker (2006) definem o terceiro subsistema como o subsistema que compreende as ferramentas e tecnologias utilizadas no PDP, incluindo *softwares* de apoio, tecnologias de manufatura, técnicas para resolução de problemas e a padronização das melhores práticas, permitindo a execução mais eficiente do

processo e sua constante melhoria. Entretanto, Morgan e Liker (2006) ressaltam que a eficácia das tecnologias está vinculada a correta estruturação dos subsistemas de processos e de pessoas.

Associadas a este subsistema, foram identificadas as seguintes práticas:

21. Hetakuso-sekke - Livro de Lições Aprendidas

O *Hetakuso-sekke* é um guia de referência padrão em que são registrados os fracassos e sucessos de *design* em projetos anteriores criando um banco de conhecimento rico e útil para engenheiros com pouca experiência. O guia é complementado com *checklists*, gráficos e notas de engenheiros seniores. As informações são agrupadas por parte do produto e são comparadas à produtos de competidores por meio de *benchmarks* ou da desmontagem de produtos de concorrentes. O guia, que também contém informações sobre os processos de manufatura, é centralizado e disponibilizado a todos, entretanto, sua atualização e validação compete aos projetistas, cada qual por sua parte correspondente, e ocorre, em geral, após os eventos *Hansei* (MORGAN E LIKER, 2006).

22. Manual de Conceito

O Manual de Conceito do Engenheiro-Chefe define a visão do EC para o novo produto e promove o alinhamento dos diferentes departamentos funcionais em torno de objetivos quantitativos e qualitativos de desempenho para as características, desempenho, custo e qualidade do produto final. O manual é construído ao longo de meses, coletando-se informações de diversas fontes, internas e externas da organização, e de experiências pessoais do EC na busca de compreender o que representa valor para o consumidor e é utilizado por toda a duração do projeto, pautando as ações do time de desenvolvimento (BALLÉ e BALLÉ, 2005; MORGAN E LIKER, 2006).

23. Ferramentas de Gestão Visual

O uso de ferramentas de gestão visual contribui para comunicar eficientemente as situações atuais dos processos e dos recursos, promover o

alinhamento entre as pessoas, e proporcionar um canal de comunicação eficiente, por meio do qual é possível desdobrar os objetivos da alta gerência em objetivos de performance do produto e em tarefas individuais e de grupos multifuncionais. Ferramentas deste tipo são importantes para consolidar, preservar e difundir o conhecimento acumulado de uma organização (MORGAN E LIKER, 2006; WARD, 2007). Algumas ferramentas que auxiliam na comunicação visual são:

a. Curvas de *Trade-off*.

As curvas de *trade-off* são ferramentas gráficas que exemplificam o relacionamento existente entre dois atributos do projeto, explorando a relação entre as diversas alternativas de solução. Servem para comunicar visualmente, de maneira ágil e eficiente, essa relação e facilitam a compreensão de alternativas complexas e bastante técnicas. A Figura 7 exemplifica uma curva de *trade-off*.

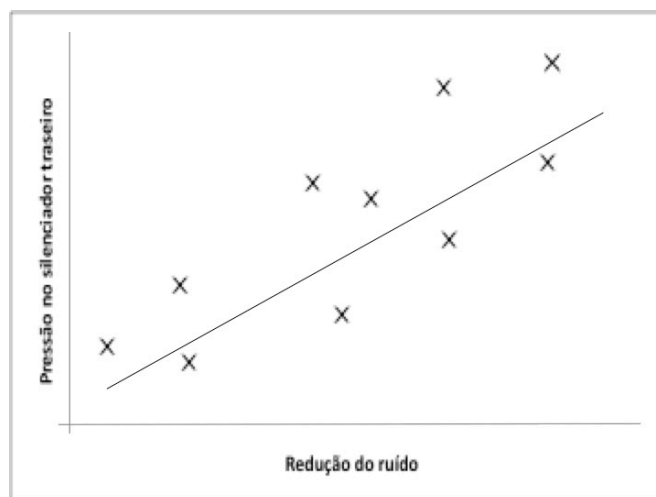


Figura 7 - Exemplo de uma curva de *trade-off*. Adaptado de: Morgan e Liker (2006).

b. Matriz de Decisão:

As matrizes de decisão são ferramentas de comparação e avaliação de alternativas. As matrizes relacionam os desempenhos de diversas alternativas a um conjunto de critérios como, por exemplo, custos, desempenho funcional e durabilidade (MORGAN E LIKER, 2006; WARD, 2007). A Tabela 3 exemplifica uma matriz de decisão:

Tabela 3 - Exemplo de uma matriz de decisão. Fonte: Morgan e Liker (2006).

Alternativa	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 inseridos nas células da matriz são obtidos por meio da avaliação subjetiva do desempenho de cada alternativa no critério analisado. Em seguida, os valores de cada célula são somados, totalizando um valor que representa o desempenho da alternativa, permitindo identificar as com melhor desempenho (MORGAN E LIKER, 2006).

c. Listas de verificação (*Checklists*):

As listas de verificação são uma importante ferramenta para a padronização do processo. Elas guiam os engenheiros, prevenindo erros e fornecendo orientações sobre detalhes críticos de projeto ou de processo com base no conhecimento acumulado de projetos anteriores. Os *checklists* são altamente visuais, específicos de cada parte, detalhados e descritos precisamente. A manutenção e correção dessas listas ocorre ao final de cada projeto e são de responsabilidade dos engenheiros que as utilizam (MORGAN E LIKER, 2006; WARD, 2007).

d. Relatórios A3:

O A3 é uma ferramenta padronizada para uma comunicação clara entre os especialistas de diferentes áreas por meio de uma única folha no formato A3. O poder dessa ferramenta reside não na simplicidade do instrumento, mas no processo de sua confecção que requer disciplina para filtrar e refinar as informações com um alto nível de concisão e qualidade. Nela estão contidos: um tema, que define uma iniciativa ou melhoria; uma descrição da situação corrente; as metas e objetivos a serem alcançados com a iniciativa; uma análise das causas; propostas de medidas corretivas; definição de um plano de ação; e verificações de resultado e acompanhamento (MORGAN E LIKER, 2006; SHOOK, 2009).

24. Obeya e Centros de Informação

A *Obeya* é uma sala de trabalho que promove a comunicação e integração *cross-funcional* entre o EC e os líderes das equipes funcionais, uma vez que incentiva a participação destes na tomada de decisões, de maneira a garantir o sucesso do projeto e encurtar os ciclos de aprendizado entre a equipe. Nesta sala, o EC desenvolve o conceito do produto, reúne os principais representantes dos grupos funcionais, gerencia e consolida as informações em um único local. A evolução do projeto é acompanhada por meio de instrumentos visuais que auxiliam no monitoramento de tarefas e na resolução de problemas. (MARCHWINSKI E SHOOK, 2008; MORGAN E LIKER, 2006).

25. Modelos Digitais e de Simulação

O estudo de *designs* é iniciado ainda na fase de estudos uma vez que *softwares* robustos permitem análises de relacionamento entre os modelos digitais através da parametrização das dimensões das partes. Estes *softwares* de apoio são utilizados em todas as atividades de projeto como no *design* (CAD - *Computer Aided Design*), na engenharia (CAE - *Computer Aided Engineering*; FEA - *Finite Element Analysis*; CFD - *Computational Fluid Dynamics*), no planejamento da montagem de componentes (*Computer Aided Assembly Planning*), no planejamento dos processos (CAPP - *Computer Aided Process Planning*), e outros. Tais *softwares* permitem a adaptação e reutilização de modelos digitais em outros projetos com maior rapidez, e atualizam as outras partes de interface conforme as alterações são realizadas, contribuindo para a execução simultânea das atividades. O mesmo ocorre com as simulações de manufatura, permitindo que os projetistas se antecipem e solucionem os problemas ainda na fase inicial (ROZENFELD et al., 2006; MORGAN E LIKER, 2006).

26. Product Development Value Stream Mapping (PDVSM)

A ferramenta PDVSM é uma adaptação das técnicas de *Value Stream Mapping* (VSM) ao desenvolvimento de produtos que prioriza o mapeamento do fluxo de informações, devido às características do Processo de Desenvolvimento. O PDVSM é uma ferramenta que permite visualizar as atividades do processo mapeado e suas relações, bem como as fontes geradoras de desperdícios, por meio

de uma linguagem padrão. A ferramenta exibe um estado atual do processo e incentiva o desenvolvimento de uma visão futura, onde busca-se o combate aos desperdícios descritos no item 2.4 deste trabalho (KEYTE E LOCHER, 2004; LOCHER, 2008; SHOOK e ROTHER, 1999).

O PDVSM, pelas próprias características do processo que visa mapear, enfatiza os fluxos de informações, muitas vezes não lineares e com bastante iterações, e busca representar a grande quantidade de pessoas envolvidas no PDP e a simultaneidade das atividades. (KEYTE E LOCHER, 2004; LOCHER, 2008; MORGAN e LIKER, 2006).

27. 5S em ambientes físicos e virtuais

A necessidade de tornar o ambiente físico apto para a troca de informações entre o time de desenvolvimento de um projeto é beneficiada através de técnicas como o 5S e do reposicionamento físico dos membros do time. O 5S promove um ambiente de trabalho organizado, permitindo que o fluxo de informação seja rápido e fácil de ocorrer. A remoção do que não é utilizado e, também, a categorização e padronização das ferramentas permite um ganho de produtividade e qualidade. O reposicionamento físico permite que equipes que estejam trabalhando juntas em determinado momento, se situem próximas umas às outras e troquem informações constantemente (CHENG e PODOLSKY, 1996; WARD, 2007).

Nos ambientes virtuais, as mesmas técnicas, juntamente com um registro de alterações e de localização dos arquivos, a atribuição de responsáveis pelo versionamento e atualização de cada documento, permite que as informações chave do projeto sejam disponibilizadas e acessadas por todos, além de ser rapidamente encontradas (MORGAN e LIKER, 2006; WARD, 2007).

3. Metodologia

3.1 Definição da estratégia de pesquisa

A pesquisa científica tem um papel fundamental na criação e estruturação do conhecimento na comunidade científica. Para tanto, a escolha adequada da estratégia de pesquisa é de fundamental importância para a construção do conhecimento.

Segundo Yin (2003), para se realizar uma pesquisa científica existem diversas estratégias, cada uma com vantagens e desvantagens em seu método. Para definir a estratégia com maior relevância na pesquisa, Yin (2003) propõe a análise seqüencial de três condições:

- Tipo da questão de pesquisa proposta.
- Necessidade de se controlar o comportamento dos eventos.
- Necessidade de foco em eventos contemporâneos.

A análise do tipo de questão de pesquisa envolve a compreensão e categorização da questão em relação a cinco tipos, definidos por Yin (2003) como: "quem"; "como"; "o que"; "onde" e "por que".

A questão de pesquisa desse trabalho evidencia a intenção de compreender como a abordagem de LPD é aplicada pelas empresas, por meio da verificação do uso das práticas da abordagem. Assim, a questão de pesquisa pertence ao segundo tipo: "como".

A análise da segunda condição auxilia a delimitar o grau de controle que o investigador deve possuir sobre os eventos examinados. Por se tratar de uma verificação da realidade das empresas, em que busca-se identificar a aplicação das práticas, o controle do investigador sobre os comportamentos dos eventos é baixo.

A análise da terceira condição busca fornecer informações sobre a necessidade de se observar eventos contemporâneos ou históricos. Uma vez que a intenção da pesquisa é delinear a atual aplicação das práticas de LPD, os eventos observados devem ser contemporâneos.

Portanto, como mostra a Tabela 4, é possível identificar que a estratégia de pesquisa mais adequada para responder a questão de pesquisa é o estudo de caso, uma vez que fornece uma observação direta dos eventos em estudo e a possibilidade de se entrevistar pessoas diretamente envolvidas com os eventos.

Tabela 4 - Situações relevantes para as diferentes estratégias de pesquisa. Adaptado de: Yin (2003).

Estratégia	Tipo de questão de pesquisa	Necessita controle do comportamento dos eventos?	Necessita foco em eventos contemporâneos
Experimento	"como"; "por que"	Sim	Sim
Pesquisa de avaliação	"quem"; "o que"; "onde"; "quanto"	Não	Sim
Análise de arquivos	"quem"; "o que"; "onde"; "quanto"	Não	Sim / Não
História	"como"; "por que"	Não	Não
Estudo de caso	"como"; "por que"	Não	Sim

Segundo Yin (2003) o estudo de caso é uma forma de investigação empírica de um assunto por meio da execução de um conjunto de etapas contidas num procedimento previamente especificado.

Segundo Voss et al. (apud MIGUEL, 2012) o estudo de caso pode ser aplicado para diversos tipos de pesquisa, sendo, entretanto, mais adequado para estudos de natureza exploratória, onde busca-se desenvolver idéias de investigação. Yin (2003) descreve o estudo de caso como uma investigação de um evento contemporâneo dentro das condições contextuais em que este se insere, principalmente quando as fronteiras entre o contexto e o evento não estão claramente definidas. O uso de múltiplos estudos de caso é preferível por fornecer evidências mais robustas, entretanto, Yin (2003) ressalta a necessidade de cada caso ter um propósito específico na validação da pesquisa.

3.2 Protocolo para condução dos estudos de caso

Dada a natureza exploratória do assunto, Yin (2003) propõe a definição de um protocolo contendo o planejamento das etapas de pesquisa. No protocolo estarão descritos os número de casos a serem realizados; as fontes e ferramentas

de coleta de informações; as perguntas do estudo de caso; os procedimentos a serem seguidos em campo e ao preencher os relatórios de pesquisa; e as etapas de pesquisa. O protocolo permite conduzir os estudos de caso de maneira a responder os objetivos da pesquisa.

O protocolo de condução do estudo de caso foi construído com base na seqüência de atividades propostas por Miguel (2012):

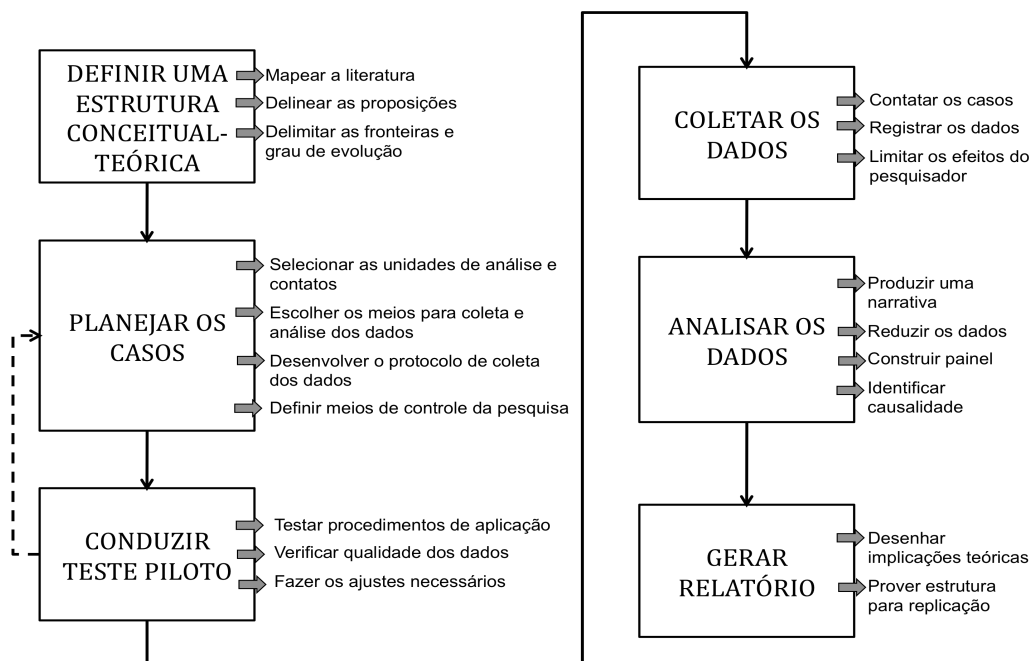


Figura 8 - Seqüência para a condução do estudo de caso. Fonte: Miguel (2012).

3.2.1 Etapa 1 - Definir uma estrutura conceitual-teórica

O objetivo dessa etapa é produzir um referencial teórico para o trabalho por meio da identificação da literatura relevante sobre o assunto. Esse referencial teórico será utilizado também para justificar a pesquisa, definir os limites do trabalho e fundamentar a teoria necessária para a realização da pesquisa (MIGUEL, 2012). O Capítulo 2 deste trabalho apresenta o resultado desta etapa.

3.2.2 Etapa 2 - Planejar os casos

Yin (2003) ressalta que, durante esta etapa, estabelece-se primeiramente as unidades de análise e as unidades de coleta de dados, de acordo com a Tabela 5:

Tabela 5 - Unidades de análise versus unidades de coleta de dados. Adaptado de: Yin (2003).

		Unidade de coleta de dados	
		Indivíduo	Organização
Unidade de análise	Indivíduo	Comportamento do indivíduo	Registros de arquivo
		Atitudes do indivíduo	Outros comportamentos, atitudes e percepções
		Percepções do indivíduo	
	Organização	Como funciona a organização	Políticas de pessoal
		Por que a organização funciona	Resultados da organização

Em seguida, define-se o tipo de composição dos estudos de caso, podendo estes serem holísticos (onde cada caso é representado por uma única unidade de análise) ou compostos (onde cada caso é representado por um conjunto de unidades de análise). Por fim, define-se a quantidade de casos a serem estudados e as ferramentas para coleta.

A intenção da pesquisa em identificar o uso das boas práticas de LPD pelas organizações em seu processo de desenvolvimento de produto, permite definir que as unidades de análise serão as organizações e os dados serão obtidos por meio dos indivíduos nestas inseridos.

A composição dos estudos de caso é do tipo holístico, pois cada organização constitui um único estudo de caso. Os critérios utilizados na seleção das pessoas foram o tempo de experiência com desenvolvimento de produtos e membros de empresas de manufatura situadas no Brasil. Os entrevistados não foram selecionados com base nos níveis hierárquicos ou pelo nível de conhecimento prévio em LPD. A partir desta definição e com base na capacidade de se realizar os estudos de caso, foi definido que seriam realizados estudos de caso em quatro empresas.

Como ferramenta de coleta, optou-se por um questionário elaborado de maneira a permitir que os entrevistados assinalem, para cada prática, a situação de aplicação destas na empresa e se estas são de conhecimento dos entrevistados. Para cada prática, foram registrados comentários a respeito das dificuldades

enfrentadas na aplicação da prática, os benefícios e resultados que estas trouxeram e outros comentários relevantes.

O questionário para a verificação do conhecimento e da aplicação das práticas em LPD foi confeccionado de acordo com a identificação destas durante o Capítulo 2 deste trabalho e foi subdividido em duas partes. A primeira parte é exibida na Tabela 6 e foi desenvolvida para avaliar o perfil dos entrevistados. Buscou-se entrevistar pessoas relacionadas ao desenvolvimento de produtos em empresas de manufatura, sem restrição quanto ao faturamento ou tamanho da empresa. Não foi considerado como requisito o conhecimento prévio de técnicas em manufatura enxuta.

A segunda parte do questionário contém todas as práticas identificadas no Capítulo 2 deste trabalho juntamente com uma breve descrição da prática, conforme exibido nas Figuras 10, 11 e 12. As práticas foram organizadas em três categorias – Processos, Pessoas, e Ferramentas e Tecnologia – seguindo a subdivisão proposta por Morgan e Liker (2006). Esta divisão em categorias permitiu reuni-las em torno de assuntos-chave, facilitando a compreensão por parte dos entrevistados e permitir identificar qualquer tendência das empresas em um determinado grupo de práticas.

Tabela 6 - Questionário de perfil dos entrevistados.

QUESTIONÁRIO DE PERFIL						
Categoria	Item	Perguntas	Respostas			
Perfil	1	Nome da Empresa				
	2	Número de Funcionários	Micro Empresa - até 19 funcionários []	Pequena Empresa - de 20 a 99 funcionários []	Média Empresa - de 100 a 999 funcionários []	Grande Empresa - acima de 1.000 funcionários []
	3	Faturamento Anual	Micro Empresa - até R\$3 Milhões []	Pequena Empresa - de R\$3 a R\$16 Milhões []	Média Empresa - de R\$16 a 99 Milhões []	Grande Empresa - superior a R\$100 Milhões []
	4	Setor Industrial				
	5	Cargo do Entrevistado				
	6	Tempo no cargo atual				

Tabela 7 - Questionário de verificação da aplicação de práticas de Lean Product Development.

QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÁTICAS DE LPD								
Categoria	Nº	Melhor Prática	Descrição	Quanto à prática descrita,				Descrição dos resultados obtidos / dificuldades encontradas / estágio de implantação da prática
				Já é aplicada	Não é aplicada	Iniciando a aplicação ou irá ser aplicada	Não convém aplicar	
Processos	1	Busca pela Excelência e Melhoria Contínua	A busca pela excelência do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP ¹) é promovida através do combate sistemático dos desperdícios, pois a empresa entende que é um de seus principais fatores competitivos.					
	2	5S em Ambientes Físicos e Virtuais	A organização e o cuidado pelos ambientes físicos, com a padronização dos locais de trabalho, posicionamento próximo das equipes de trabalho e manutenção de um ambiente limpo e organizado, bem como pelos ambientes virtuais, com o correto versionamento de documentos, listas de alterações e da atualização constante destes, é incentivado pela empresa.					
	3	Categorização do Portfólio de Produtos	Os projetos de novos produtos são classificados em categorias que auxiliam a gestão de portfólio dos produtos da empresa, além de facilitar o dimensionamento dos recursos, a definição de escopo, a duração dos projetos e seus orçamentos.					
	4	Fase de Estudo (Kentou)	A fase de concepção ² do produto, onde são definidas as especificações iniciais dos subsistemas e componentes, bem como a arquitetura do produto, é priorizada e prolongada em relação às demais fases do PDP ¹ , pois busca-se antecipar e solucionar possíveis problemas técnicos.					

	5	Fase de Detalhamento Acelerada	A fase de detalhamento ³ da concepção do produto, onde ocorre o detalhamento das funções e das especificações do produto, e das etapas de fabricação, é acelerada em relação às demais fases do PDP ¹ .					
	6	<i>Set-Based Concurrent Engineering</i>	O conceito de SBCE ⁴ é empregado através do incentivo à criação de conjuntos de soluções, avaliação detalhada e eliminação das alternativas. Os esforços do time de desenvolvimento ⁵ são concentrados o mais cedo possível, de maneira a explorar exaustivamente as alternativas de solução para o projeto.					
	7	<i>Wrap Up Meetings</i>	Os supervisores do projeto promovem reuniões diárias de curta duração, a fim de sintetizar os avanços obtidos, relatar as lições aprendidas e promover o alinhamento entre as partes, definindo o curso de ação para o dia seguinte					
	8	Padronização	A empresa possui uma padronização na seqüência das etapas de trabalho e das atividades de planejamento do PDP ¹ , bem como incentiva a reutilização de conceitos ou componentes comprovadamente robustos ⁶ em diferentes projetos.					
	9	<i>Design Review Based on Failure Mode</i>	O conceito de DRBFM é empregado, pois a empresa incentiva a ênfase do trabalho do time de desenvolvimento ⁵ nos aspectos críticos e nas alterações a serem realizadas nos <i>designs</i> das partes, de acordo com as análises dos possíveis modos de falha de cada uma.					
	10	<i>Cross Checking</i>	Os sistemas, designs e componentes são verificados independentemente por diferentes equipes de desenvolvimento ⁷ , elevando a qualidade do produto final e melhorando os instrumentos de avaliação, pois aumenta-se a chance de detecção de erros.					

	11	<i>Mizen Boushi</i> - Ações Preventivas	A empresa fornece capacitação aos engenheiros do time de desenvolvimento ⁵ quanto aos processos produtivos existentes na empresa, de maneira a antecipar os possíveis problemas de produção ainda durante as fases de concepção ² e detalhamento ³ .					
Pessoas	12	Equipes de Desenvolvimento de Módulos (EDMs)	O time de desenvolvimento ⁵ é estruturado em equipes de desenvolvimento ⁷ multifuncionais, responsáveis por cada subsistema do produto ⁸ . As EDMs contam com a participação de engenheiros da manufatura, de maneira a garantir que os subsistemas sejam compatíveis e fabricáveis antes de estarem finalizados.					
	13	<i>Flexible Capacity</i>	A rotação entre os membros dos times de desenvolvimento ⁵ e os demais funcionários da planta da fábrica é promovida continuamente. Busca-se que os membros do time de desenvolvimento ⁵ tenham conhecimento técnico padronizado, dando flexibilidade na realocação das pessoas nos projetos e minimizando a quantidade de recursos necessários.					
	14	Promoção e Supervisão do Conhecimento Técnico	O conhecimento técnico é utilizado como fator de recompensa e promoção nas carreiras, e os gerentes dos departamentos funcionais atuam como tutores e supervisores técnicos dos membros dos times de desenvolvimento.					
	15	Estrutura Matricial Compartilhada	A empresa se estrutura de maneira matricial ⁹ , dividindo as responsabilidades dos gerentes funcionais e dos gerentes de projetos quanto aos membros do time de desenvolvimento ⁵ .					
	16	Programa de Desenvolvimento de Líderes de Projeto	A empresa possui um programa de desenvolvimento pessoal que identifica as habilidades necessárias para atuar como líderes de projeto e seleciona as pessoas de acordo com suas competências.					

	17	Voz do Consumidor	Existe uma clara definição do que representa valor na visão do consumidor e existe um processo definido para traduzi-la em características do produto. Além disso, a participação dos consumidores é incentivado desde o início do projeto.					
	18	Fornecedores Participativos	O engajamento e a participação dos fornecedores é incentivado desde o início do projeto. Os engenheiros dos fornecedores são estimulados a vir trabalhar dentro da empresa, melhorando o relacionamento e a troca de informação entre as partes.					
	19	Engenheiro Simultâneo	<p>Existe um cargo equivalente ao de Engenheiro Simultâneo, que possuem extenso conhecimento nos processos de manufatura da empresa e é responsável por:</p> <ul style="list-style-type: none"> -integrar as equipes de desenvolvimento com a manufatura; -fornecer informações a respeito da capacidade e das restrições da manufatura ao time de desenvolvimento⁵. 					
	20	Sistema de Engenheiro-Chefe	<p>Existe um cargo equivalente ao de Engenheiro-Chefe, que atua como:</p> <ul style="list-style-type: none"> -agente integrador entre os departamentos funcionais e o time de desenvolvimento⁵; -voz do consumidor e conhecedor das reais necessidades dos clientes; -responsável por elaborar o conceito do produto, por definir os objetivos e as características do projeto; <p>-Gerente de projeto, se responsabilizando pela negociação de recursos, pelo lucro e risco do projeto, além do comprometimento e disciplina do time de desenvolvimento⁵.</p>					

	21	<i>Hansei</i>	Eventos que promovem a reflexão sobre os pontos a serem desenvolvidos e aprimorados, tanto das pessoas quanto dos processos, são realizados durante e após a execução de cada projeto.					
Ferramentas	22	<i>Hetakuso-sekke</i> : Livro de Lições Aprendidas	A empresa possui um documento de referência, equivalente ao <i>Hetakuso-sekke</i> ¹⁰ , que registra as lições aprendidas em projetos passados e consolida o conhecimento de engenheiros experientes.					
	23	Manual de Conceito	Existe um documento equivalente ao Manual de Conceito ¹¹ , que contém informações sobre o que representa valor para o cliente e que traduza, em valores qualitativos e quantitativos, valor para as características de desempenho do produto. O Manual é utilizado para alinhar os envolvidos no projeto em torno destes valores definidos					
	24	Ferramentas de Gestão Visual	O uso de ferramentas visuais que auxiliam na gestão do PDP ¹ , como Relatórios A3 ¹² , Curvas de <i>Trade-off</i> ¹³ e <i>Checklists</i> ¹⁴ , é incentivado pela empresa.					
	25	<i>Obeya</i> e Centros de Informação	As informações do projeto são de fácil acesso pois são consolidadas em um único lugar físico através das ferramentas visuais e em centros de informação virtuais, permanecendo à disposição do time de desenvolvimento ⁵ durante todo o projeto.					
	26	Modelos Digitais e de Simulação	O uso de sistemas computacionais que permite a criação de modelos virtuais e de simulações, como sistemas CAD Paramétricos ¹⁵ , é amplamente empregado.					
	27	<i>Product Development Value Stream Mapping</i>	Ferramentas similares ao <i>Value Stream Mapping</i> (VSM ¹⁶), que descrevem os fluxos de materiais e de informações do processo, são aplicadas ao PDP ¹ .					

	28	<i>Try outs</i>	Os testes de manufatura, a fim de verificar a capacidade e desempenho de produção do novo produto, são encurtados devido à antecipação dos problemas ainda nas fases de concepção ² e de detalhamento ³ .					
	29	Adaptação da Tecnologia aos Processos e Pessoas	As Ferramentas e Tecnologias são adaptadas aos Processos e Pessoas da empresa, e não o contrário.					

3.2.3 Etapa 3 - Conduzir teste piloto

Para testar os procedimentos de aplicação do questionário, faz-se necessário a realização de um teste piloto de maneira a validar o procedimento de aplicação. Em seguida, é necessário verificar a qualidade dos dados obtidos e, se necessário, aprimorar o questionário.

Esta etapa é realizada com um especialista da área, validando o conteúdo técnico do questionário e avaliando-o quanto a capacidade de atender os objetivos da pesquisa.

3.2.4 Etapa 4 - Coletar os dados

A coleta de dados é realizada com as empresas e especialistas definidos previamente, por meio do questionário. Apesar de grande parte das questões serem apenas de assinalação, o pesquisador irá complementá-las com anotações e observações relevantes para o objetivo da pesquisa. É importante ressaltar que o entrevistador deve ser instruído, principalmente durante esta etapa, buscando eliminar sua influência nos entrevistados (MIGUEL, 2012).

Os registros dos dados coletados estão exibidos no Apêndice deste trabalho.

3.2.5 Etapa 5 - Analisar os dados

Nessa etapa, é necessário descrever o que foi coletado durante o estudo de maneira reduzida, incluindo apenas aquilo que tenha uma relação bem definida com os objetivos da pesquisa.

Após a redução dos dados, deve-se construir um painel visual que transmita a visão geral dos dados mas ainda assim possibilite a análise detalhada. É por meio desse painel que pode-se extrair conclusões dos dados. A análise seguinte consiste

em identificar causalidade entre os dados e a teoria levantada (MIGUEL, 2012). Os estudos de caso são apresentados no item 4 deste trabalho.

3.2.6 Etapa 6 - Gerar relatório

A etapa final consiste em criar um relatório que registre os resultados e os sintetize, além de prover uma estrutura de replicação. Para garantir a replicação, é necessário pautar o estudo de caso na confiabilidade e validade dos dados, demonstrando que o estudo possa ser replicado e apresentar os mesmos resultados (YIN, 2001 apud MIGUEL, 2012).

4. Resultados

4.1 Estudo de Caso - Empresa A

A empresa A é uma multinacional americana, com plantas industriais no Brasil, que atua no setor de componentes para bens duráveis. No Brasil, possui aproximadamente 3.500 funcionários e faturou, em 2012, cerca de 193 milhões de dólares. No mundo, faturou, em 2012, cerca de 855 milhões de dólares e investiu 15 milhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento, aproximadamente 2% do faturamento mundial.

O entrevistado da Empresa A atua, desde 2008, na área de Gestão do Conhecimento dentro do Desenvolvimento de Produtos e possui conhecimentos de manufatura enxuta, apesar de não trabalhar diretamente com estes.

Os projetos da empresa são realizados por times de desenvolvimento compostos, em geral, por três engenheiros e um time de pesquisadores. Os pesquisadores são responsáveis por trazer inovações de materiais, tecnologias e de processos de manufatura. Já os engenheiros coordenam a introdução destas inovações nos produtos, tanto na parte mecânica quanto na parte elétrica.

A quantidade de projetos desenvolvidos simultaneamente varia de 4 a 6 projetos, uma vez que são globais e utilizam recursos das diversas filiais da empresa. A empresa passou a adotar, no ano de 2009, um modelo para a gestão do desenvolvimento de produtos.

A Tabela 6 resume os resultados obtidos com a aplicação do questionário na Empresa A e as respostas ao questionário são exibidas no Apêndice A deste trabalho.

Tabela 8 - Compilação das respostas ao questionário aplicado na Empresa A.

Subsistema	Quantidade de práticas	Situação de aplicação das práticas			
		Já é aplicada	Não é aplicada	Iniciando a aplicação ou irá ser aplicada	Não convém aplicar
Processos	10	4	4	2	0
Pessoas	10	4	4	2	0
Ferramentas	7	5	1	1	0
TOTAL	27	13	9	5	0

- **Processos:**

A Empresa A destacou-se por possuir um Processo de Desenvolvimento de Produtos bastante estruturado com um modelo de referência que auxilia na padronização das etapas de trabalho.

Em conjunto a este modelo, a Empresa A apresenta uma *Classificação do Portfólio de Projetos* com base na complexidade técnica e na relação retorno sobre investimento. Esta classificação auxiliou a empresa a reduzir os recursos humanos e financeiros dedicados em projetos de baixa complexidade.

A prática de *Padronização* é bastante aplicada pela empresa, não apenas no reuso de conceitos e componentes em diferentes projetos, mas também na condução das atividades do PDP da empresa. A padronização reduziu a duração dos projetos de um período de 36 a 48 meses para 18 meses.

As práticas de *Design Review Based on Failure Mode* e *Set-based Concurrent Engineering* não são aplicadas pela empresa. A revisão dos *designs* com frequência e um processo estruturado para realizá-la, em conjunto com a forte padronização, poderia auxiliar na solução de problemas de qualidade que a empresa enfrenta. A empresa afirma que apresentou um mesmo problema em diferentes produtos devido ao compartilhamento de um mesmo componente entre eles. A

aplicação do DRBFM pode facilitar a revisão dos *designs* de todos os produtos que apresentaram o problema simultaneamente. A fase de análise das falhas e causas, bem como das modificações possíveis permitiria uma rápida investigação sobre o problema. Os riscos e o desenvolvimento de planos de ação poderiam ser elaborados de maneira a considerar as particularidades de cada projeto.

A aplicação do SBCE, em conjunto com o DRBFM, permitirá que a empresa considere um maior número de alternativas ainda durante a fase de propostas de alterações do *design* e garantir que as modificações realizadas sejam soluções mais robustas.

- **Pessoas:**

A Empresa A tem realizado, sistematicamente, a tradução dos requisitos dos clientes em características de desempenho de seus produtos. A aplicação da prática de *Voz do Consumidor* tem auxiliado no lançamento de novos produtos, principalmente nas famílias que possuem um tempo de resposta maior. Em alguns casos, os produtos demoram até um ano para alcançar os consumidores finais e, a aplicação desta prática tem contribuído para aumentar a taxa de sucesso no lançamento de produtos.

A empresa, no entanto, não aplica as práticas de *Promoção e Supervisão do Conhecimento Técnico* e *Programa de Desenvolvimento de Líderes de Projeto*. A seleção de líderes de projeto é realizada informalmente e a falta de aplicação de ambas as práticas tem prejudicado a disseminação do conhecimento tácito e limitado o número de projetos em andamento devido ao pequeno número de líderes.

- **Ferramentas:**

A Empresa A mostrou-se forte na aplicação das práticas desta categoria. Destaca-se o uso, em conjunto, do *Hetakuso-sekke: Livro de Lições Aprendidas, 5S em Ambientes Físicos e Virtuais* e o início da aplicação da prática de *Obeya e Centros de Informação*. O uso dos espaços virtuais pela empresa, a manutenção e atualização dos sistemas, bem como o registro e a disponibilização de documentos de projetos anteriores a todos da empresa, têm auxiliado a Empresa A na gestão de projetos globais e de grande complexidade.

A única prática desta categoria não aplicada pela Empresa A foi o *Product Development Value Stream Mapping*. Apesar da empresa possuir um PDP

estruturado, com um modelo de referência e um mapa da seqüência de atividades, o combate aos desperdícios não ocorre. A empresa tem dificuldade em identificar, em todo o processo, os desperdícios e as atividades em que estes ocorrem. A aplicação do PDVSM auxiliaria na resolução deste problema.

4.2 Estudo de Caso - Empresa B

A empresa B é uma multinacional alemã, com uma planta industrial no Brasil, que atua no setor automotivo. No Brasil, possui aproximadamente 14.500 funcionários e faturou, em 2012, cerca de 4,9 bilhões de dólares. No mundo, faturou, em 2012, cerca de 147 bilhões de dólares e investiu 7 bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento, aproximadamente 5% do faturamento mundial.

O entrevistado da Empresa B atua, desde 2011, na área de Engenharia do Produto e possui conhecimentos de manufatura enxuta, apesar de não trabalhar diretamente com a aplicação destes.

Os projetos da empresa são realizados por times de desenvolvimento compostos, em geral, por um engenheiro de produto, um engenheiro de teste e um engenheiro de suporte para cada módulo do produto, sendo cada um responsável por, respectivamente, projetar, realizar os testes, e simular e homologar.

Os projetos, em sua maioria, são iniciados e conduzidos pela filial brasileira, mas em alguns casos pode haver projetos de *follow-source*, em que se adequam os projetos da empresa matriz ao mercado brasileiro.

A Tabela 7 resume os resultados obtidos com a aplicação do questionário na Empresa B.

Tabela 9 - Compilação das respostas ao questionário aplicado na Empresa B.

Subsistema	Quantidade de práticas	Situação de aplicação das práticas			
		Já é aplicada	Não é aplicada	Iniciando a aplicação ou irá ser aplicada	Não convém aplicar
Processos	10	5	5	0	0
Pessoas	10	6	4	0	0
Ferramentas	7	3	2	2	0
TOTAL	27	14	11	2	0

- **Processos:**

A Empresa B possui uma área dedicada exclusivamente à criação de conceitos do produtos que auxilia na aplicação das práticas do *Kentou - Fase de Estudo Prolongada e Fase de Detalhamento Acelerada*. A equipe se dedica a identificar, com antecedência, as partes que devem ser revisadas e desenvolvidas para o novo projeto. A definição prévia do fluxo de trabalho e a confecção de um caderno com as especificações técnicas do produto, permite que as equipes realizem o detalhamento das peças críticas num menor tempo.

Entretanto, a empresa não aplica o *Mizen Boushi - Ações Preventivas* em que busca-se antecipar os possíveis erros de manufatura ainda nas fases iniciais do projeto. A empresa não capacita os funcionários quanto aos processos industriais disponíveis e não promove a integração entre os projetistas e processistas. A falta de conhecimento destes traz prejuízos no desenvolvimento de produtos, uma vez que a empresa já apresentou erros de projeto detectados apenas na manufatura.

- **Pessoas:**

A Empresa B destaca-se pelo emprego de várias práticas desta categoria. Destaca-se a busca pela formação de líderes e o incentivo ao desenvolvimento das habilidades técnicas das pessoas.

A prática de *Fornecedores Participativos* é aplicada mas não tem trazido benefícios. A empresa afirma ter dificuldades em encontrar fornecedores capazes de produzir peças nacionais com a mesma qualidade e tem arcado com custos maiores que o dos competidores. Este problema pode estar relacionado com a falta de compartilhamento do conhecimento técnico com os fornecedores, uma vez que existe uma equipe dedicada ao estudo das folhas de processo de cada parte.

Outra prática que não é aplicada é referente aos *Engenheiros Simultâneos*. A empresa não estimula a troca de conhecimento entre a manufatura e as equipes de desenvolvimento. O incentivo à participação destes nas reuniões das equipes pode solucionar as dificuldades de projeto e minimizar os erros, em conjunto com a prática do *Mizen Boushi*.

- **Ferramentas:**

O amplo uso dos *softwares* de modelagem digital e de simulação pela Empresa B tem auxiliado na redução do tempo de homologação das partes e componentes. O processo de homologação é demorado e a empresa tem utilizado os *softwares* de simulação a fim de garantir que os componentes sejam aprovados, reduzindo as chances de rejeição e retrabalho das partes.

Os centros de informações virtuais estão em processo de implantação. Existe um repositório virtual de documentos, contendo os detalhes dos projetos, bem como o controle das alterações e versionamento dos documentos, mas não é utilizado por todos e não é alimentado corretamente. As lições aprendidas são registradas em documentos ao final do projeto, mas há dificuldade em acessá-los em projetos futuros.

A falta de uma estrutura virtual que registre o conhecimento de projetos passados levou a empresa a desenvolver mais de uma vez a mesma peça, pois os documentos de diferentes projetos não foram disponibilizados às equipes de desenvolvimento. Este problema poderia ter sido evitado com o uso de centros de informação.

4.3 Estudo de Caso - Empresa C

A empresa C é uma empresa familiar brasileira que atua no setor calçadista. Possui aproximadamente 30 funcionários e não disponibilizou referências de faturamento do ano de 2012.

O entrevistado da Empresa C atua, desde 2008, na área de *Design* do Produto e não possui conhecimentos de manufatura enxuta.

Os projetos da empresa, em geral, possuem duração de seis meses e são conduzidos por um time multifuncional composto por três funcionários da empresa, sendo um *designer*, um representante comercial e um assessor de produção.

Atualmente, pela empresa oferecer o serviço de desenvolvimento e fabricação de calçados para terceiros, além de fabricar seus próprios produtos, existem cerca de seis famílias em desenvolvimento com uma média de dez modelos por família.

Por se tratar de produtos com um ciclo de desenvolvimento curto e com grande facilidade de se produzir protótipos, é comum que haja várias iterações ao longo de um ciclo para aprimorar os modelos.

A Tabela 8 resume os resultados obtidos com a aplicação do questionário na Empresa C.

Tabela 10 - Compilação das respostas ao questionário aplicado na Empresa C.

Subsistema	Quantidade de práticas	Situação de aplicação das práticas			
		Já é aplicada	Não é aplicada	Iniciando a aplicação ou irá ser aplicada	Não convém aplicar
Processos	10	5	3	1	1
Pessoas	10	4	1	1	4
Ferramentas	7	2	4	1	0
TOTAL	27	11	8	3	5

- **Processos:**

A Empresa C afirmou enfrentar dificuldades em estabelecer cronogramas e orçamentos para seus projetos, e ocorreram casos onde o faturamento com o produto não superou os custos de desenvolvimento. A aplicação da prática de *Categorização do Portfólio de Produtos* poderia eliminar este tipo de problema, pois auxilia na definição dos custos e da quantidade de trabalho necessários para cada categoria de projeto.

A prática de *Wrap-up Meetings* está em início de aplicação e trouxe resultados na redução do tempo de desenvolvimento. O conceito de reuniões diárias, com revisão do trabalho realizado e atribuição de tarefas para os próximos dias, garantiu o andamento acelerado do projeto e a maior integração entre as pessoas envolvidas no desenvolvimento. O senso de urgência aumentou e o acompanhamento do projeto tornou-se mais fácil.

A Empresa C considera que a prática de *Cross-checking* não convém ser aplicada, uma vez que o time de desenvolvimento se reúne diariamente e é composto por uma equipe pequena. Entretanto, o time é separado por função e apresenta pouca integração. A aplicação do *Cross-checking*, ao verificar independentemente os componentes do produto, ajuda a envolver diversas áreas da empresa na fase inicial do desenvolvimento trazendo considerações comerciais e de manufatura, por exemplo. Durante as reuniões diárias da equipe, nem todas as

dificuldades e problemas encontrados no projeto são analisadas, fazendo com que a identificação de erros ocorra apenas na fase de prototipação.

Devido às características de PDP da empresa, onde os ciclos de desenvolvimento são bastante curtos e envolvem grande criatividade, a prática do SBCE poderia trazer grandes benefícios à empresa e modificar a maneira como a empresa está acostumada a projetar. O estímulo à criação de conjuntos de alternativas para os conceitos de produto podem auxiliar a empresa a diversificar e inovar. Devido à facilidade de prototipação dos produtos, é comum lançar o produto no mercado e, só então, realizar a análise de resultado. Entretanto, os custos de desenvolvimento já foi realizado e nem sempre traz retorno financeiro. Com o emprego do SBCE, a consideração de um maior número de conceitos e da avaliação agressiva dos conceitos fracos e reduzir os custos relacionados à prototipação.

- **Pessoas:**

Por se tratar de uma empresa familiar e de pequeno porte, a Empresa C afirma que não convém aplicar as práticas *Equipes de Desenvolvimento de Módulos*, *Estrutura Matricial Compartilhada*, *Promoção e Supervisão do Conhecimento Técnico* e *Programa de Desenvolvimento de Líderes*. Entretanto, destas quatro práticas, a empresa poderia se beneficiar com o emprego das duas últimas, pois o fato da empresa concentrar o desenvolvimento de produtos em poucas pessoas e não incentivar o desenvolvimento de novos líderes de projetos limita a quantidade de projetos que a empresa é capaz de conduzir simultaneamente, ocasionando ociosidade na manufatura.

- **Ferramentas:**

A empresa tem apresentado um elevado número de alterações de conceito nos projetos ao longo do desenvolvimento e baixo alinhamento entre os membros do time de desenvolvimento. As *Wrap-up Meetings* irão auxiliar no alinhamento da equipe, mas podem ser usadas em conjunto com o *Manual de Conceito*. Com a aplicação desta prática, a empresa pode obter uma melhor definição do escopo do projeto e evitar que se perca durante o processo os requisitos que representam valor para o cliente. Esta prática se mostra urgente e necessária para que a empresa possa evoluir e avançar no uso do LPD, uma vez que cria uma base conceitual para

o projeto. A aplicação desta prática poderia facilitar a implantação de outras, como a *Wrap-up Meetings* e o SBCE.

4.4 Estudo de Caso - Empresa D

A empresa D é uma multinacional sueca, com uma planta industrial no Brasil, que atua no setor de bens de consumo. No Brasil, possui aproximadamente 8.000 funcionários e faturou, em 2012, cerca de 2,4 bilhões de dólares. No mundo, faturou, em 2012, cerca de 17 bilhões de dólares e investiu 340 milhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento, aproximadamente 2% do faturamento mundial.

O entrevistado da Empresa D atua, desde 2006, na área de Engenharia de Processos e trabalhou durante 4 anos na implantação de um sistema *Lean Manufacturing* na empresa.

Os projetos da empresa são realizados por times de desenvolvimento que engloba, em geral, cerca de 50 pessoas ao longo de todo o projeto e são divididos em equipes de trabalho responsáveis pelos módulos do produto.

A duração dos projetos foi encurtada para aproximadamente 10 meses, após a reformulação no processo de desenvolvimento em 2011.

Os projetos de novos produtos da Empresa D são, majoritariamente, coordenados diretamente pela filial brasileira. Entretanto, existem projetos *follow-source*, uma vez que a empresa possui centros de pesquisa em diversos países. Estes centros definem a arquitetura do projeto e os processos de manufatura e, posteriormente, são adaptados ao mercado com alterações no *design* e nas dimensões.

A Tabela 9 resume os resultados obtidos com a aplicação do questionário na Empresa D.

Tabela 11 - Compilação das respostas ao questionário aplicado na Empresa D.

Subsistema	Quantidade de práticas	Situação de aplicação das práticas			
		Já é aplicada	Não é aplicada	Iniciando a aplicação ou irá ser aplicada	Não convém aplicar
Processos	10	6	3	1	0
Pessoas	10	2	6	2	0

Ferramentas	7	3	3	1	0
TOTAL	27	11	12	4	0

- **Processos:**

A Empresa D tem aplicado em conjunto o *Cross-Checking* e a *Padronização* de componentes com a prática de *Equipes de Desenvolvimento de Módulos*, da categoria Pessoas. As variações de produto foram reduzidas devido à padronização dos módulos dos produtos. Este resultado é decorrente da criação de grupos dedicados à modularização de subsistemas dos produtos e de reavaliá-los em relação a toda a cadeia de fornecimento e produção. O grupo ainda auxilia no *Cross-Checking* das partes, verificando-os independentemente do restante do time de desenvolvimento.

A Empresa D, por se tratar de uma multinacional e possuir centros de desenvolvimentos em outros países, enfrenta dificuldades na hora de nacionalizar os projetos e adaptá-los ao mercado brasileiro. Este tipo de situação poderia ser mitigada com a aplicação do DRBFM. Os benefícios de um processo estruturado para a revisão e modificação dos *designs* de produto reduziriam as dificuldades da filial brasileira em garantir que o projeto seja adaptado sem perda de funcionalidade. A empresa já identifica os possíveis modos de falha dos produtos, entretanto, não os vincula à uma revisão de *design*. O DRBFM auxiliaria a empresa a adaptar os produtos e documentar o processo de revisão.

- **Pessoas:**

A Empresa D tem obtido bons resultados com o uso das EDMs, mas a maioria das práticas desta categoria não são aplicadas pela empresa. O conhecimento técnico não é valorizado e não há rotação de pessoas entre as áreas de desenvolvimento e de manufatura. O conceito de Engenheiro Simultâneo poderia melhorar a troca de conhecimento e resolver alguns problemas que a empresa enfrenta na questão de treinamento do time de desenvolvimento quanto às restrições de manufatura. A empresa afirma que faltam conhecimentos quanto a capacidade da manufatura atender as exigências de projeto, o que poderia ser solucionado pela maior proximidade das duas áreas, promovida justamente pelo ES.

- **Ferramentas:**

A Empresa D mostrou-se bastante forte na aplicação do *5S em Ambientes Físicos e Virtuais*. Nos ambientes físicos, a manufatura e as áreas administrativas têm se beneficiado quanto à organização dos espaços, mas a empresa afirmou que não é possível detectar melhoria na execução do PDP apenas pela aplicação desta prática. Já nos ambientes virtuais, a empresa possui a cultura de manutenção e organização dos centros de informação, o que trouxe avanço na troca de informações entre as equipes e melhoria na comunicação e na passagem de responsabilidades conforme o projeto avança. Falta para a empresa o registro, ao concluir um projeto, das lições aprendidas, das dificuldades enfrentadas e como foram solucionadas. A prática do *Hetakuso-sekke* juntamente com os eventos *Hansei*, poderiam auxiliar a empresa na gestão do conhecimento e desfrutar da cultura existente no uso dos ambientes virtuais.

5. Análise dos Resultados e Conclusão

O PDP tem se tornado, cada vez mais, um importante aspecto de diferenciação na competitividade das indústrias de manufatura e, em conjunto, os conceitos *lean* vêm ganhando força no combate sistemático dos desperdícios e na identificação de melhorias do processo.

A Empresa A possui um PDP mais estruturado que as demais empresas entrevistadas, e se encontra mais próxima de conseguir aplicar integralmente a abordagem do LPD. Pelo fato do modelo de gestão do desenvolvimento de produtos ter sido implantado recentemente, em 2009, a empresa possui um grande número de práticas ainda em estágio inicial de aplicação e em processo de consolidação. A empresa também se destacou por aplicar uma maior quantidade de práticas referentes ao Subsistema Ferramentas e Tecnologias em relação às demais empresas. As práticas desta categoria são, em geral, de menor complexidade e mais rápidas na aplicação.

Já a Empresa B demonstrou que aplica uma maior quantidade de práticas do Subsistema Pessoas do que as outras empresas entrevistadas. A ênfase neste subsistema pode estar relacionada com os aspectos culturais da empresa matriz, onde existe forte apelo pelo bem estar dos funcionários. Pôde-se notar que existe,

também, uma cultura de cobrança na execução dos procedimentos formais da empresa. As práticas do Subsistema Processos são aplicadas com afinco e existem avaliações quanto à contribuição pessoal na aplicação destas.

A Empresa C foi a única a afirmar que existem práticas que não são aplicáveis ao seu PDP e refletem a falta de conhecimento sobre alguns conceitos, uma vez que as práticas podem ser adaptadas ao PDP da empresa e trazer resultados de melhoria no processo. Apesar do tamanho da empresa estar relacionado a estas afirmações, o mesmo fator beneficia a empresa ao permitir que as mudanças no PDP sejam difundidas mais rapidamente.

A Empresa D destacou-se em relação às demais empresas por empregar um maior número de práticas referentes ao Subsistema Processos. O PDP da empresa envolve um grande número de engenheiros e a adaptação de diversos projetos para o mercado brasileiro. A ênfase neste subsistema auxilia o processo de desenvolvimento de produtos da empresa a se adaptar rapidamente a cada um dos diversos projetos e conceitos desenvolvidos pelos centros de pesquisa da empresa.

Não foi possível verificar uma correlação entre o percentual do faturamento investido em pesquisa e desenvolvimento e a aplicação das práticas.

A Tabela 10, consolida as informações obtidas nas entrevistas em duas colunas. A primeira indica quais práticas são aplicadas por todas as empresas, enquanto a segunda coluna exhibe as práticas que não são aplicadas por nenhuma empresa.

Tabela 12 - Consolidação dos resultados obtidos.

Categoria	Nº	Melhor Prática	Aplicada por todas as empresas	Aplicada por nenhuma empresa
Processos	1	Busca pela Excelência e Melhoria Contínua	X	
	2	Categorização do Portfólio de Produtos		
	3	Fase de Estudo (<i>Kentou</i>)		
	4	Fase de Detalhamento Acelerada		
	5	<i>Set-Based Concurrent Engineering</i>		X
	6	<i>Wrap Up Meetings</i>		
	7	Padronização	X	
	8	<i>Design Review Based on Failure Mode</i>		X
	9	<i>Cross Checking</i>		
	10	<i>Mizen Boushi</i> - Ações Preventivas		
Pessoas	11	Equipes de Desenvolvimento de Módulos (EDMs)		
	12	<i>Flexible Capacity</i>		
	13	Promoção e Supervisão do Conhecimento Técnico		
	14	Estrutura Matricial Compartilhada		
	15	Programa de Desenvolvimento de Líderes de		

		Projeto		
	16	Voz do Consumidor	X	
	17	Fornecedores Participativos		
	18	Engenheiro Simultâneo		
	19	Sistema de Engenheiro-Chefe		
	20	<i>Hansei</i>		
Ferramentas	21	<i>Hetakuso-sekke: Livro de Lições Aprendidas</i>		
	22	Manual de Conceito		
	23	Ferramentas de Gestão Visual		
	24	<i>Obeya</i> e Centros de Informação		
	25	Modelos Digitais e de Simulação	X	
	26	<i>Product Development Value Stream Mapping</i>		X
	27	5S em Ambientes Físicos e Virtuais	X	

Das práticas que não são aplicadas por nenhuma das empresas, a de número 26, *Product Development Value Stream Mapping*, apresenta pouca dificuldade de implantação já que requer pequenos esforços da organização no treinamento de pessoas. A falta de comprometimento e treinamento da gerência, podem estar inviabilizando a aplicação desta prática pelas empresas entrevistadas.

Já as práticas de número 5 e 8, por serem mais complexas, envolvendo um maior número de pessoas e esforços da organização, podem não ser aplicadas por enfrentarem dificuldades de difusão, tanto pela falta de conhecimento das pessoas em relação às práticas como pela falta de empresas referência em seu uso.

Das práticas aplicadas por todas as empresas, a prática de *Modelos Digitais e de Simulação* é de fácil aplicação por depender apenas da aquisição dos *softwares* e do treinamento das pessoas. A prática do *5S em Ambientes Físicos e Virtuais*, em geral, é iniciada pela aplicação nos ambientes físicos. Algumas empresas afirmaram enfrentar dificuldades em implantar a prática nos ambientes virtuais, devido ao maior dificuldade de controle e acompanhamento. No entanto, não houve casos de insucesso na aplicação desta prática.

A dificuldade em aplicar um maior número de práticas pelas empresas entrevistadas é decorrente do fato de três das empresas entrevistadas serem multinacionais e o desenvolvimento de produtos, por ser um fator de diferenciação competitiva da empresa, manter-se subordinado às diretrizes das matrizes das empresas, dificultando a inovação na gestão do PDP.

Pôde-se verificar que todas as empresas entrevistadas conhecem e utilizam alguns dos conceitos e práticas *lean* no desenvolvimento de produtos. Entretanto, nenhuma das empresas entrevistadas afirmou utilizar, formalmente, a abordagem de *Lean Product Development* para conduzir os processos de desenvolvimento e em

nenhuma das entrevistas foi ressaltado o combate sistemático aos desperdícios do PDP, apesar destas afirmarem que existe uma busca pela melhoria contínua do processo. Neste contexto, é possível afirmar que nenhuma das empresas entrevistadas possui um Processo de Desenvolvimento de Produtos Enxuto.

6. Limitações do trabalho e sugestões para trabalho futuros

Este trabalho procurou identificar e verificar a aplicação de práticas de *Lean Product Development* por empresas brasileiras. Devido à natureza exploratória do assunto e do tamanho da amostra com qual foram realizadas as entrevistas, não é possível generalizar as constatações.

Quanto à amostra entrevistada, encontram-se restrições na quantidade de respondentes e nas indústrias que atuam. O autor se restringiu a verificar o uso das práticas nas indústrias de manufatura, não explorando indústrias de bebidas e alimentos, química, de varejo e de *softwares*. O processo de entrevistas está sujeito à avaliação subjetiva dos entrevistados quanto ao grau de maturidade da empresa em relação à aplicação de determinada prática, o que pode influenciar na avaliação e divergir os resultados.

Quanto ao questionário desenvolvido e aplicado nas entrevistas, a descrição das práticas no questionário permitiu que a duração das entrevistas fosse reduzida, entretanto, impossibilitou a aplicação à distância, pois notou-se a necessidade de se detalhar e exemplificá-las aos entrevistados. Não foram contempladas avaliações quantitativas da amostra, limitando-se apenas a uma avaliação qualitativa do conhecimento dos entrevistados quanto ao emprego das práticas pelas empresas.

Por fim, esta pesquisa deve ser considerada uma colaboração inicial na definição de um panorama das indústrias brasileiras quanto ao emprego de técnicas *lean* no desenvolvimento de produtos.

Análises mais profundas podem ser realizadas para definir níveis de maturidade do LPD nas empresas pesquisadas, propor planos de ação para a implantação das práticas identificadas ou quantificar os benefícios trazidos pelas práticas quanto a qualidade, os efeitos de *time-to-market* e os custos de desenvolvimento relacionados a cada prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLÉ, F.; BALLÉ, M. **Lean Development: a knowledge system**. 2005. Disponível em: <http://www.leaninstituut.nl/publications/lean_development_system.pdf>. Acesso em 6 de julho de 2013.

BESSANT, J. **Challenges in innovation management**. The international handbook on innovation, p. 761 - 774. Oxford: Elsevier, 2003.

CARLSON, C. S. **Effective FMEAs: achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2012.

CHENG, T. C. E.; PODOLSKY, S. **Just-in-time manufacturing: an introduction**. 2 ed. Londres: Chapman & Hall, 1996.

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

DAVENPORT, T. H. **Process innovation: reengineering work through information technology**. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1993.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution**. Londres: Nicholas Brealey, 1993.

HARRINGTON, H. J. **Business process improvement: the breakthrough strategy for total quality, productivity and competitiveness**. McGraw-Hill, 1991.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean: a guide to implementation**. Cardiff: Cardiff Business School, 2000.

JARRAR, Y. F.; ZAIRI, M. **Internal transfer of best practice for performance excellence: a global survey**. Benchmarking: An International Journal, Vol. 7, p. 239 - 246, 2000.

KEYTE, B.; LOCHER, D. **The complete lean enterprise: value stream mapping for administrative and office processes**. Nova Iorque: Productivity Press, 2004.

LAURENTI, R.; ROZENFELD, H.; FRANIECK, E. K. **Avaliação da aplicação dos métodos FMEA e DRBFM no processo de desenvolvimento de produtos em uma empresa de autopeças**. *Gest. Prod.* [online], Vol. 10, n.4, p. 841 - 855, 2012.

LEVINE, M. K. **A tale of two transformations: Bringing Lean and Agile software development to life**. Nova Iorque: Productivity Press, 2011.

LOCHER, D. A. **Value stream mapping for lean development: a how-to guide for streamlining time to market**. Nova Iorque: Productivity Press, 2008.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers**. 4. ed. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2008.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MONDEN, Y. **Toyota production system: an integrated approach to just-in-time**. 2. ed. Georgia: Industrial Engineering and Management Press, 1993.

MOREIRA, D. A. **Reengenharia: dinâmica para mudança**. São Paulo: Pioneira, 1994.

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **The Toyota product development system: integrating people, process and technology**. Nova Iorque: Productivity Press, 2006.

OEHMEN, J.; REBENTISH, E. **Waste in lean product development**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2010. v1.1

ROZENFELD, H. **Reflexões sobre a Manufatura Integrada por Computador (CIM)**. Manufatura Classe Mundial: Mitos e Realidade, 1996, São Paulo.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. de; SILVA, S. L. da; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SHOOK, J. **Toyota's secret: the A3 report**. *Sloan Management Review*, Summer 2009.

SHOOK, J.; ROTHER, M. **Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda**. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute, 1999.

SIMARD, C; RICE, R. E. **The practice gap: Barriers to the diffusion of best practices**. *Re-thinking knowledge management: From knowledge objects to knowledge processes*, Dordrecht, pg 87 - 124, C.R. McInerney & R.E. Day, 2007.

SOBEK II, D. K.; WARD, A. C.; LIKER, J. K. **Toyota's principles of set-based concurrent engineering**. *Sloan Management Review*, pg 67, Winter 1999.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota production system**. *Harvard Business Review*, pg 97-106, September-October, 1999.

SUTHERLAND, J. **Agile development: lessons learned from the first scrum**. *Cutter Agile Project Management Advisory Service*, 2004.

VERNADAT, F. B. **Enterprise modeling and integration: principles and applications**. Londres: Chapman & Hall, 1996.

WARD, A. **Lean product and process development**. 1. ed. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2007.

WARD, A.; LIKER, J. K.; CRISTIANO, J. J.; SOBEK II, D. K. **The second Toyota paradox: how delaying decisions can make better faster cars**. *Sloan Management Review*, Spring 1995.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2003.

Apêndice A – Respostas da Empresa A ao questionário de verificação de aplicação das práticas

QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÁTICAS DE LPD							
Categoria	Nº	Melhor Prática	Descrição	Quanto à prática descrita,			
				Já é aplicada	Não é aplicada	Iniciando a aplicação ou irá ser aplicada	Não convém aplicar
Processos	1	Busca pela Excelência e Melhoria Contínua	A busca pela excelência do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é promovida através do combate sistemático dos desperdícios, pois a empresa entende que é um de seus principais fatores competitivos.	X			
	2	Categorização do Portfólio de Produtos	Os projetos de novos produtos são classificados em categorias que auxiliam a gestão de portfólio dos produtos da empresa, além de facilitar o dimensionamento dos recursos, a definição de escopo, a duração dos projetos e seus orçamentos.	X			
	3	Fase de Estudo (Kentou)	A fase de concepção do produto, onde são definidas as especificações iniciais dos subsistemas e componentes, bem como a arquitetura do produto, é priorizada e prolongada em relação às demais fases do PDP, pois busca-se antecipar e solucionar possíveis problemas técnicos.			X	
	4	Fase de Detalhamento Acelerada	A fase de detalhamento da concepção do produto, onde ocorre o detalhamento das funções e das especificações do produto, e das etapas de fabricação, é acelerada em relação às demais fases do PDP.			X	
	5	Set-Based Concurrent Engineering	O conceito de SBCE é empregado através do incentivo à criação de conjuntos de soluções, avaliação detalhada e eliminação das alternativas. Os esforços do time de desenvolvimento são concentrados o mais cedo possível, de maneira a explorar exaustivamente as alternativas de solução para o projeto.		X		
	6	Wrap Up Meetings	Os supervisores do projeto promovem reuniões diárias de curta duração, a fim de sintetizar os avanços obtidos, relatar as lições aprendidas e promover o alinhamento entre as partes, definindo o curso de ação para o dia seguinte		X		
	7	Padronização	A empresa possui uma padronização na seqüência das etapas de trabalho e das atividades de planejamento do PDP, bem como incentiva a reutilização de conceitos ou componentes comprovadamente robustos em diferentes projetos.	X			
	8	Design Review Based on Failure Mode	O conceito de DRBFM é empregado, pois a empresa incentiva a ênfase do trabalho do time de desenvolvimento nos aspectos críticos e nas alterações a serem realizadas nos designs das partes, de acordo com as análises dos possíveis modos de falha de cada uma.		X		

	9	Cross Checking	Os sistemas, designs e componentes são verificados independentemente por diferentes equipes de desenvolvimento, elevando a qualidade do produto final e melhorando os instrumentos de avaliação, pois aumenta-se a chance de detecção de erros.		X		
	10	Mizen Boushi - Ações Preventivas	A empresa fornece capacitação aos engenheiros do time de desenvolvimento quanto aos processos produtivos existentes na empresa, de maneira a antecipar os possíveis problemas de produção ainda durante as fases de concepção e detalhamento.	X			
Pessoas	11	Equipes de Desenvolvimento de Módulos (EDMs)	O time de desenvolvimento é estruturado em equipes de desenvolvimento multifuncionais, responsáveis por cada subsistema do produto. As EDMs contam com a participação de engenheiros da manufatura, de maneira a garantir que os subsistemas sejam compatíveis e fabricáveis antes de estarem finalizados.	X			
	12	Flexible Capacity	A rotação entre os membros dos times de desenvolvimento e os demais funcionários da planta da fábrica é promovida continuamente. Busca-se que os membros do time de desenvolvimento tenham conhecimento técnico padronizado, dando flexibilidade na realocação das pessoas nos projetos e minimizando a quantidade de recursos necessários.			X	
	13	Promoção e Supervisão do Conhecimento Técnico	O conhecimento técnico é utilizado como fator de recompensa e promoção nas carreiras, e os gerentes dos departamentos funcionais atuam como tutores e supervisores técnicos dos membros dos times de desenvolvimento.		X		
	14	Estrutura Matricial Compartilhada	A empresa se estrutura de maneira matricial, dividindo as responsabilidades dos gerentes funcionais e dos gerentes de projetos quanto aos membros do time de desenvolvimento.	X			
	15	Programa de Desenvolvimento de Líderes de Projeto	A empresa possui um programa de desenvolvimento pessoal que identifica as habilidades necessárias para atuar como líderes de projeto e seleciona as pessoas de acordo com suas competências.		X		
	16	Voz do Consumidor	Existe uma clara definição do que representa valor na visão do consumidor e existe um processo definido para traduzi-la em características do produto. Além disso, a participação dos consumidores é incentivado desde o início do projeto.	X			
	17	Fornecedores Participativos	O engajamento e a participação dos fornecedores é incentivado desde o início do projeto. Os engenheiros dos fornecedores são estimulados a vir trabalhar dentro da empresa, melhorando o relacionamento e a troca de informação entre as partes.			X	
	18	Engenheiro Simultâneo	Existe um cargo equivalente ao de Engenheiro Simultâneo, que possuem extenso conhecimento nos processos de manufatura da empresa e é responsável por: -integrar as equipes de desenvolvimento com a manufatura;		X		

		-fornecer informações a respeito da capacidade e das restrições da manufatura ao time de desenvolvimento.				
	19	Sistema de Engenheiro-Chefe -Existente um cargo equivalente ao de Engenheiro-Chefe, que atua como: -agente integrador entre os departamentos funcionais e o time de desenvolvimento; -voz do consumidor e conhecedor das reais necessidades dos clientes; -responsável por elaborar o conceito do produto, por definir os objetivos e as características do projeto; -Gerente de projeto, se responsabilizando pela negociação de recursos, pelo lucro e risco do projeto, além do comprometimento e disciplina do time de desenvolvimento.	X			
	20	Hansei Eventos que promovem a reflexão sobre os pontos a serem desenvolvidos e aprimorados, tanto das pessoas quanto dos processos, são realizados durante e após a execução de cada projeto.		X		
Ferramentas	21	Hetakuso-sekke: Livro de Lições Aprendidas A empresa possui um documento de referência, equivalente ao Hetakuso-sekke, que registra as lições aprendidas em projetos passados e consolida o conhecimento de engenheiros experientes.	X			
	22	Manual de Conceito Existente um documento equivalente ao Manual de Conceito, que contém informações sobre o que representa valor para o cliente e que traduza, em valores qualitativos e quantitativos, valor para as características de desempenho do produto. O Manual é utilizado para alinhar os envolvidos no projeto em torno destes valores definidos	X			
	23	Ferramentas de Gestão Visual O uso de ferramentas visuais que auxiliam na gestão do PDP, como Relatórios A3, Curvas de Trade-off e Checklists, é incentivado pela empresa.	X			
	24	Obeya e Centros de Informação As informações do projeto são de fácil acesso pois são consolidadas em um único lugar físico através das ferramentas visuais e em centros de informação virtuais, permanecendo à disposição do time de desenvolvimento durante todo o projeto.			X	
	25	Modelos Digitais e de Simulação O uso de sistemas computacionais que permite a criação de modelos virtuais e de simulações, como sistemas CAD Paramétricos, é amplamente empregado.	X			
	26	Product Development Value Stream Mapping Ferramentas similares ao Value Stream Mapping (VSM), que descrevem os fluxos de materiais e de informações do processo, são aplicadas ao PDP.		X		
	27	5S em Ambientes Físicos e Virtuais A organização e o cuidado pelos ambientes físicos, com a padronização dos locais de trabalho, posicionamento próximo das equipes de trabalho e manutenção de um ambiente limpo e organizado, bem como pelos ambientes virtuais, com o correto versionamento de documentos, listas de alterações e da atualização constante destes, é incentivado pela empresa.	X			

Apêndice B – Respostas da Empresa B ao questionário de verificação de aplicação das práticas

QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÁTICAS DE LPD							
Categoria	Nº	Melhor Prática	Descrição	Quanto à prática descrita,			
				Já é aplicada	Não é aplicada	Iniciando a aplicação ou irá ser aplicada	Não convém aplicar
Processos	1	Busca pela Excelência e Melhoria Contínua	A busca pela excelência do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é promovida através do combate sistemático dos desperdícios, pois a empresa entende que é um de seus principais fatores competitivos.	X			
	2	Categorização do Portfólio de Produtos	Os projetos de novos produtos são classificados em categorias que auxiliam a gestão de portfólio dos produtos da empresa, além de facilitar o dimensionamento dos recursos, a definição de escopo, a duração dos projetos e seus orçamentos.	X			
	3	Fase de Estudo (Kentou)	A fase de concepção do produto, onde são definidas as especificações iniciais dos subsistemas e componentes, bem como a arquitetura do produto, é priorizada e prolongada em relação às demais fases do PDP, pois busca-se antecipar e solucionar possíveis problemas técnicos.	X			
	4	Fase de Detalhamento Acelerada	A fase de detalhamento da concepção do produto, onde ocorre o detalhamento das funções e das especificações do produto, e das etapas de fabricação, é acelerada em relação às demais fases do PDP.	X			
	5	Set-Based Concurrent Engineering	O conceito de SBCE é empregado através do incentivo à criação de conjuntos de soluções, avaliação detalhada e eliminação das alternativas. Os esforços do time de desenvolvimento são concentrados o mais cedo possível, de maneira a explorar exaustivamente as alternativas de solução para o projeto.		X		
	6	Wrap Up Meetings	Os supervisores do projeto promovem reuniões diárias de curta duração, a fim de sintetizar os avanços obtidos, relatar as lições aprendidas e promover o alinhamento entre as partes, definindo o curso de ação para o dia seguinte		X		
	7	Padronização	A empresa possui uma padronização na seqüência das etapas de trabalho e das atividades de planejamento do PDP, bem como incentiva a reutilização de conceitos ou componentes comprovadamente robustos em diferentes projetos.	X			
	8	Design Review Based on Failure Mode	O conceito de DRBFM é empregado, pois a empresa incentiva a ênfase do trabalho do time de desenvolvimento nos aspectos críticos e nas alterações a serem realizadas nos designs das partes, de acordo com as análises dos possíveis modos de falha de cada uma.		X		

	9	Cross Checking	Os sistemas, designs e componentes são verificados independentemente por diferentes equipes de desenvolvimento, elevando a qualidade do produto final e melhorando os instrumentos de avaliação, pois aumenta-se a chance de detecção de erros.		X		
	10	Mizen Boushi - Ações Preventivas	A empresa fornece capacitação aos engenheiros do time de desenvolvimento quanto aos processos produtivos existentes na empresa, de maneira a antecipar os possíveis problemas de produção ainda durante as fases de concepção e detalhamento.		X		
Pessoas	11	Equipes de Desenvolvimento de Módulos (EDMs)	O time de desenvolvimento é estruturado em equipes de desenvolvimento multifuncionais, responsáveis por cada subsistema do produto. As EDMs contam com a participação de engenheiros da manufatura, de maneira a garantir que os subsistemas sejam compatíveis e fabricáveis antes de estarem finalizados.		X		
	12	Flexible Capacity	A rotação entre os membros dos times de desenvolvimento e os demais funcionários da planta da fábrica é promovida continuamente. Busca-se que os membros do time de desenvolvimento tenham conhecimento técnico padronizado, dando flexibilidade na realocação das pessoas nos projetos e minimizando a quantidade de recursos necessários.		X		
	13	Promoção e Supervisão do Conhecimento Técnico	O conhecimento técnico é utilizado como fator de recompensa e promoção nas carreiras, e os gerentes dos departamentos funcionais atuam como tutores e supervisores técnicos dos membros dos times de desenvolvimento.	X			
	14	Estrutura Matricial Compartilhada	A empresa se estrutura de maneira matricial, dividindo as responsabilidades dos gerentes funcionais e dos gerentes de projetos quanto aos membros do time de desenvolvimento.	X			
	15	Programa de Desenvolvimento de Líderes de Projeto	A empresa possui um programa de desenvolvimento pessoal que identifica as habilidades necessárias para atuar como líderes de projeto e seleciona as pessoas de acordo com suas competências.	X			
	16	Voz do Consumidor	Existe uma clara definição do que representa valor na visão do consumidor e existe um processo definido para traduzi-la em características do produto. Além disso, a participação dos consumidores é incentivado desde o início do projeto.	X			
	17	Fornecedores Participativos	O engajamento e a participação dos fornecedores é incentivado desde o início do projeto. Os engenheiros dos fornecedores são estimulados a vir trabalhar dentro da empresa, melhorando o relacionamento e a troca de informação entre as partes.	X			
18	Engenheiro Simultâneo	Existe um cargo equivalente ao de Engenheiro Simultâneo, que possuem extenso conhecimento nos processos de manufatura da empresa e é responsável por: -integrar as equipes de desenvolvimento com a manufatura;		X			

		-fornecer informações a respeito da capacidade e das restrições da manufatura ao time de desenvolvimento.				
	19	Sistema de Engenheiro-Chefe -Existente um cargo equivalente ao de Engenheiro-Chefe, que atua como: -agente integrador entre os departamentos funcionais e o time de desenvolvimento; -voz do consumidor e conhecedor das reais necessidades dos clientes; -responsável por elaborar o conceito do produto, por definir os objetivos e as características do projeto; -Gerente de projeto, se responsabilizando pela negociação de recursos, pelo lucro e risco do projeto, além do comprometimento e disciplina do time de desenvolvimento.		X		
	20	Hansei Eventos que promovem a reflexão sobre os pontos a serem desenvolvidos e aprimorados, tanto das pessoas quanto dos processos, são realizados durante e após a execução de cada projeto.	X			
Ferramentas	21	Hetakuso-sekke: Livro de Lições Aprendidas A empresa possui um documento de referência, equivalente ao Hetakuso-sekke, que registra as lições aprendidas em projetos passados e consolida o conhecimento de engenheiros experientes.		X		
	22	Manual de Conceito Existente um documento equivalente ao Manual de Conceito, que contém informações sobre o que representa valor para o cliente e que traduza, em valores qualitativos e quantitativos, valor para as características de desempenho do produto. O Manual é utilizado para alinhar os envolvidos no projeto em torno destes valores definidos	X			
	23	Ferramentas de Gestão Visual O uso de ferramentas visuais que auxiliam na gestão do PDP, como Relatórios A3, Curvas de Trade-off e Checklists, é incentivado pela empresa.			X	
	24	Obeya e Centros de Informação As informações do projeto são de fácil acesso pois são consolidadas em um único lugar físico através das ferramentas visuais e em centros de informação virtuais, permanecendo à disposição do time de desenvolvimento durante todo o projeto.			X	
	25	Modelos Digitais e de Simulação O uso de sistemas computacionais que permite a criação de modelos virtuais e de simulações, como sistemas CAD Paramétricos, é amplamente empregado.	X			
	26	Product Development Value Stream Mapping Ferramentas similares ao Value Stream Mapping (VSM), que descrevem os fluxos de materiais e de informações do processo, são aplicadas ao PDP.		X		
	27	5S em Ambientes Físicos e Virtuais A organização e o cuidado pelos ambientes físicos, com a padronização dos locais de trabalho, posicionamento próximo das equipes de trabalho e manutenção de um ambiente limpo e organizado, bem como pelos ambientes virtuais, com o correto versionamento de documentos, listas de alterações e da atualização constante destes, é incentivado pela empresa.	X			

Apêndice C – Respostas da Empresa C ao questionário de verificação de aplicação das práticas

QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÁTICAS DE LPD							
Categoria	Nº	Melhor Prática	Descrição	Quanto à prática descrita,			
				Já é aplicada	Não é aplicada	Iniciando a aplicação ou irá ser aplicada	Não convém aplicar
Processos	1	Busca pela Excelência e Melhoria Contínua	A busca pela excelência do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é promovida através do combate sistemático dos desperdícios, pois a empresa entende que é um de seus principais fatores competitivos.	X			
	2	Categorização do Portfólio de Produtos	Os projetos de novos produtos são classificados em categorias que auxiliam a gestão de portfólio dos produtos da empresa, além de facilitar o dimensionamento dos recursos, a definição de escopo, a duração dos projetos e seus orçamentos.		X		
	3	Fase de Estudo (Kentou)	A fase de concepção do produto, onde são definidas as especificações iniciais dos subsistemas e componentes, bem como a arquitetura do produto, é priorizada e prolongada em relação às demais fases do PDP, pois busca-se antecipar e solucionar possíveis problemas técnicos.	X			
	4	Fase de Detalhamento Acelerada	A fase de detalhamento da concepção do produto, onde ocorre o detalhamento das funções e das especificações do produto, e das etapas de fabricação, é acelerada em relação às demais fases do PDP.	X			
	5	Set-Based Concurrent Engineering	O conceito de SBCE é empregado através do incentivo à criação de conjuntos de soluções, avaliação detalhada e eliminação das alternativas. Os esforços do time de desenvolvimento são concentrados o mais cedo possível, de maneira a explorar exaustivamente as alternativas de solução para o projeto.		X		
	6	Wrap Up Meetings	Os supervisores do projeto promovem reuniões diárias de curta duração, a fim de sintetizar os avanços obtidos, relatar as lições aprendidas e promover o alinhamento entre as partes, definindo o curso de ação para o dia seguinte			X	
	7	Padronização	A empresa possui uma padronização na seqüência das etapas de trabalho e das atividades de planejamento do PDP, bem como incentiva a reutilização de conceitos ou componentes comprovadamente robustos em diferentes projetos.	X			
	8	Design Review Based on Failure Mode	O conceito de DRBFM é empregado, pois a empresa incentiva a ênfase do trabalho do time de desenvolvimento nos aspectos críticos e nas alterações a serem realizadas nos designs das partes, de acordo com as análises dos possíveis modos de falha de cada uma.		X		

	9	Cross Checking	Os sistemas, designs e componentes são verificados independentemente por diferentes equipes de desenvolvimento, elevando a qualidade do produto final e melhorando os instrumentos de avaliação, pois aumenta-se a chance de detecção de erros.				X
	10	Mizen Boushi - Ações Preventivas	A empresa fornece capacitação aos engenheiros do time de desenvolvimento quanto aos processos produtivos existentes na empresa, de maneira a antecipar os possíveis problemas de produção ainda durante as fases de concepção e detalhamento.	X			
Pessoas	11	Equipes de Desenvolvimento de Módulos (EDMs)	O time de desenvolvimento é estruturado em equipes de desenvolvimento multifuncionais, responsáveis por cada subsistema do produto. As EDMs contam com a participação de engenheiros da manufatura, de maneira a garantir que os subsistemas sejam compatíveis e fabricáveis antes de estarem finalizados.				X
	12	Flexible Capacity	A rotação entre os membros dos times de desenvolvimento e os demais funcionários da planta da fábrica é promovida continuamente. Busca-se que os membros do time de desenvolvimento tenham conhecimento técnico padronizado, dando flexibilidade na realocação das pessoas nos projetos e minimizando a quantidade de recursos necessários.		X		
	13	Promoção e Supervisão do Conhecimento Técnico	O conhecimento técnico é utilizado como fator de recompensa e promoção nas carreiras, e os gerentes dos departamentos funcionais atuam como tutores e supervisores técnicos dos membros dos times de desenvolvimento.				X
	14	Estrutura Matricial Compartilhada	A empresa se estrutura de maneira matricial, dividindo as responsabilidades dos gerentes funcionais e dos gerentes de projetos quanto aos membros do time de desenvolvimento.				X
	15	Programa de Desenvolvimento de Líderes de Projeto	A empresa possui um programa de desenvolvimento pessoal que identifica as habilidades necessárias para atuar como líderes de projeto e seleciona as pessoas de acordo com suas competências.				X
	16	Voz do Consumidor	Existe uma clara definição do que representa valor na visão do consumidor e existe um processo definido para traduzi-la em características do produto. Além disso, a participação dos consumidores é incentivado desde o início do projeto.	X			
	17	Fornecedores Participativos	O engajamento e a participação dos fornecedores é incentivado desde o início do projeto. Os engenheiros dos fornecedores são estimulados a vir trabalhar dentro da empresa, melhorando o relacionamento e a troca de informação entre as partes.	X			
18	Engenheiro Simultâneo	Existe um cargo equivalente ao de Engenheiro Simultâneo, que possuem extenso conhecimento nos processos de manufatura da empresa e é responsável por: -integrar as equipes de desenvolvimento com a manufatura;	X				

		-fornecer informações a respeito da capacidade e das restrições da manufatura ao time de desenvolvimento.				
	19	Sistema de Engenheiro-Chefe	Existe um cargo equivalente ao de Engenheiro-Chefe, que atua como: -agente integrador entre os departamentos funcionais e o time de desenvolvimento; -voz do consumidor e conhecedor das reais necessidades dos clientes; -responsável por elaborar o conceito do produto, por definir os objetivos e as características do projeto; -Gerente de projeto, se responsabilizando pela negociação de recursos, pelo lucro e risco do projeto, além do comprometimento e disciplina do time de desenvolvimento.	X		
	20	Hansei	Eventos que promovem a reflexão sobre os pontos a serem desenvolvidos e aprimorados, tanto das pessoas quanto dos processos, são realizados durante e após a execução de cada projeto.			X
Ferramentas	21	Hetakuso-sekke: Livro de Lições Aprendidas	A empresa possui um documento de referência, equivalente ao Hetakuso-sekke, que registra as lições aprendidas em projetos passados e consolida o conhecimento de engenheiros experientes.			X
	22	Manual de Conceito	Existe um documento equivalente ao Manual de Conceito, que contém informações sobre o que representa valor para o cliente e que traduza, em valores qualitativos e quantitativos, valor para as características de desempenho do produto. O Manual é utilizado para alinhar os envolvidos no projeto em torno destes valores definidos		X	
	23	Ferramentas de Gestão Visual	O uso de ferramentas visuais que auxiliam na gestão do PDP, como Relatórios A3, Curvas de Trade-off e Checklists, é incentivado pela empresa.		X	
	24	Obeya e Centros de Informação	As informações do projeto são de fácil acesso pois são consolidadas em um único lugar físico através das ferramentas visuais e em centros de informação virtuais, permanecendo à disposição do time de desenvolvimento durante todo o projeto.		X	
	25	Modelos Digitais e de Simulação	O uso de sistemas computacionais que permite a criação de modelos virtuais e de simulações, como sistemas CAD Paramétricos, é amplamente empregado.	X		
	26	Product Development Value Stream Mapping	Ferramentas similares ao Value Stream Mapping (VSM), que descrevem os fluxos de materiais e de informações do processo, são aplicadas ao PDP.		X	
	27	5S em Ambientes Físicos e Virtuais	A organização e o cuidado pelos ambientes físicos, com a padronização dos locais de trabalho, posicionamento próximo das equipes de trabalho e manutenção de um ambiente limpo e organizado, bem como pelos ambientes virtuais, com o correto versionamento de documentos, listas de alterações e da atualização constante destes, é incentivado pela empresa.	X		

Apêndice D – Respostas da Empresa D ao questionário de verificação de aplicação das práticas

QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÁTICAS DE LPD							
Categoria	Nº	Melhor Prática	Descrição	Quanto à prática descrita,			
				Já é aplicada	Não é aplicada	Iniciando a aplicação ou irá ser aplicada	Não convém aplicar
Processos	1	Busca pela Excelência e Melhoria Contínua	A busca pela excelência do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é promovida através do combate sistemático dos desperdícios, pois a empresa entende que é um de seus principais fatores competitivos.	X			
	2	Categorização do Portfólio de Produtos	Os projetos de novos produtos são classificados em categorias que auxiliam a gestão de portfólio dos produtos da empresa, além de facilitar o dimensionamento dos recursos, a definição de escopo, a duração dos projetos e seus orçamentos.	X			
	3	Fase de Estudo (Kentou)	A fase de concepção do produto, onde são definidas as especificações iniciais dos subsistemas e componentes, bem como a arquitetura do produto, é priorizada e prolongada em relação às demais fases do PDP, pois busca-se antecipar e solucionar possíveis problemas técnicos.	X			
	4	Fase de Detalhamento Acelerada	A fase de detalhamento da concepção do produto, onde ocorre o detalhamento das funções e das especificações do produto, e das etapas de fabricação, é acelerada em relação às demais fases do PDP.	X			
	5	Set-Based Concurrent Engineering	O conceito de SBCE é empregado através do incentivo à criação de conjuntos de soluções, avaliação detalhada e eliminação das alternativas. Os esforços do time de desenvolvimento são concentrados o mais cedo possível, de maneira a explorar exaustivamente as alternativas de solução para o projeto.		X		
	6	Wrap Up Meetings	Os supervisores do projeto promovem reuniões diárias de curta duração, a fim de sintetizar os avanços obtidos, relatar as lições aprendidas e promover o alinhamento entre as partes, definindo o curso de ação para o dia seguinte		X		
	7	Padronização	A empresa possui uma padronização na seqüência das etapas de trabalho e das atividades de planejamento do PDP, bem como incentiva a reutilização de conceitos ou componentes comprovadamente robustos em diferentes projetos.	X			
	8	Design Review Based on Failure Mode	O conceito de DRBFM é empregado, pois a empresa incentiva a ênfase do trabalho do time de desenvolvimento nos aspectos críticos e nas alterações a serem realizadas nos designs das partes, de acordo com as análises dos possíveis modos de falha de cada uma.		X		

	9	Cross Checking	Os sistemas, designs e componentes são verificados independentemente por diferentes equipes de desenvolvimento, elevando a qualidade do produto final e melhorando os instrumentos de avaliação, pois aumenta-se a chance de detecção de erros.	X			
	10	Mizen Boushi - Ações Preventivas	A empresa fornece capacitação aos engenheiros do time de desenvolvimento quanto aos processos produtivos existentes na empresa, de maneira a antecipar os possíveis problemas de produção ainda durante as fases de concepção e detalhamento.			X	
Pessoas	11	Equipes de Desenvolvimento de Módulos (EDMs)	O time de desenvolvimento é estruturado em equipes de desenvolvimento multifuncionais, responsáveis por cada subsistema do produto. As EDMs contam com a participação de engenheiros da manufatura, de maneira a garantir que os subsistemas sejam compatíveis e fabricáveis antes de estarem finalizados.	X			
	12	Flexible Capacity	A rotação entre os membros dos times de desenvolvimento e os demais funcionários da planta da fábrica é promovida continuamente. Busca-se que os membros do time de desenvolvimento tenham conhecimento técnico padronizado, dando flexibilidade na realocação das pessoas nos projetos e minimizando a quantidade de recursos necessários.		X		
	13	Promoção e Supervisão do Conhecimento Técnico	O conhecimento técnico é utilizado como fator de recompensa e promoção nas carreiras, e os gerentes dos departamentos funcionais atuam como tutores e supervisores técnicos dos membros dos times de desenvolvimento.		X		
	14	Estrutura Matricial Compartilhada	A empresa se estrutura de maneira matricial, dividindo as responsabilidades dos gerentes funcionais e dos gerentes de projetos quanto aos membros do time de desenvolvimento.		X		
	15	Programa de Desenvolvimento de Líderes de Projeto	A empresa possui um programa de desenvolvimento pessoal que identifica as habilidades necessárias para atuar como líderes de projeto e seleciona as pessoas de acordo com suas competências.			X	
	16	Voz do Consumidor	Existe uma clara definição do que representa valor na visão do consumidor e existe um processo definido para traduzi-la em características do produto. Além disso, a participação dos consumidores é incentivado desde o início do projeto.	X			
	17	Fornecedores Participativos	O engajamento e a participação dos fornecedores é incentivado desde o início do projeto. Os engenheiros dos fornecedores são estimulados a vir trabalhar dentro da empresa, melhorando o relacionamento e a troca de informação entre as partes.			X	
	18	Engenheiro Simultâneo	Existe um cargo equivalente ao de Engenheiro Simultâneo, que possuem extenso conhecimento nos processos de manufatura da empresa e é responsável por: -integrar as equipes de desenvolvimento com a manufatura;		X		

		-fornecer informações a respeito da capacidade e das restrições da manufatura ao time de desenvolvimento.				
	19	Sistema de Engenheiro-Chefe	<p>Existe um cargo equivalente ao de Engenheiro-Chefe, que atua como:</p> <ul style="list-style-type: none"> -agente integrador entre os departamentos funcionais e o time de desenvolvimento; -voz do consumidor e conhecedor das reais necessidades dos clientes; -responsável por elaborar o conceito do produto, por definir os objetivos e as características do projeto; -Gerente de projeto, se responsabilizando pela negociação de recursos, pelo lucro e risco do projeto, além do comprometimento e disciplina do time de desenvolvimento. 		X	
	20	Hansei	Eventos que promovem a reflexão sobre os pontos a serem desenvolvidos e aprimorados, tanto das pessoas quanto dos processos, são realizados durante e após a execução de cada projeto.		X	
Ferramentas	21	Hetakuso-sekke: Livro de Lições Aprendidas	A empresa possui um documento de referência, equivalente ao Hetakuso-sekke, que registra as lições aprendidas em projetos passados e consolida o conhecimento de engenheiros experientes.		X	
	22	Manual de Conceito	Existe um documento equivalente ao Manual de Conceito, que contém informações sobre o que representa valor para o cliente e que traduza, em valores qualitativos e quantitativos, valor para as características de desempenho do produto. O Manual é utilizado para alinhar os envolvidos no projeto em torno destes valores definidos		X	
	23	Ferramentas de Gestão Visual	O uso de ferramentas visuais que auxiliam na gestão do PDP, como Relatórios A3, Curvas de Trade-off e Checklists, é incentivado pela empresa.	X		
	24	Obeya e Centros de Informação	As informações do projeto são de fácil acesso pois são consolidadas em um único lugar físico através das ferramentas visuais e em centros de informação virtuais, permanecendo à disposição do time de desenvolvimento durante todo o projeto.			X
	25	Modelos Digitais e de Simulação	O uso de sistemas computacionais que permite a criação de modelos virtuais e de simulações, como sistemas CAD Paramétricos, é amplamente empregado.	X		
	26	Product Development Value Stream Mapping	Ferramentas similares ao Value Stream Mapping (VSM), que descrevem os fluxos de materiais e de informações do processo, são aplicadas ao PDP.		X	
27	5S em Ambientes Físicos e Virtuais	A organização e o cuidado pelos ambientes físicos, com a padronização dos locais de trabalho, posicionamento próximo das equipes de trabalho e manutenção de um ambiente limpo e organizado, bem como pelos ambientes virtuais, com o correto versionamento de documentos, listas de alterações e da atualização constante destes, é incentivado pela empresa.	X			