

LEAN DEVELOPMENT : Conceitos e ferramentas

Autores: Larissa Maria Prisco Pinheiro e José Carlos de Toledo
(GEPEQ – Grupo de Estudo e Pesquisa em Qualidade, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos)
Dezembro, 2013.

1. O Processo de Desenvolvimento de Produto

O desenvolvimento de produtos pode ser compreendido como um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas e, considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações do projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo (ROZENFELD et al. 2006).

O desenvolvimento de um novo produto exige o monitoramento da evolução das necessidades dos consumidores, existentes e potenciais, e a identificação de oportunidades de mercado não aproveitadas (CARVALHO; TOLEDO, 2008). Em relação ao escopo do PDP, o mesmo se estende cada vez mais, incorporando estratégias de produto, de mercado e tecnológicas, além de atividades de suporte à produção, lançamento, acompanhamento e descontinuidade do produto no mercado. Isso faz com que um grande número de competências seja envolvido no PDP (CORMICAN; O’SULLIVAN, 2004; ROZENFELD et al., 2006).

A gestão do PDP é complexa devido à sua natureza dinâmica e à necessidade de interação com as demais atividades da organização. Além disso, o PDP lida com uma extensa quantidade de informações provenientes de áreas internas e externas à empresa, tais como informações da área econômica, tecnológica e de mercado (TOLEDO et al., 2008).

Rozenfeld et al. (2006) afirmam que existem diversas abordagens para a gestão do PDP, tais como a engenharia simultânea, que utiliza equipes multifuncionais para o desenvolvimento, o que amplia a integração entre as áreas funcionais, clientes e fornecedores envolvidos no desenvolvimento. Outras abordagens são o desenvolvimento integrado do produto, o modelo de funil de desenvolvimento e o modelo de *stage-gates* (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008).

Abordagens recentes têm apresentado novas visões para o processo de desenvolvimento de produtos, tais como a abordagem *lean*, ou *Lean Development*, que propõe uma simplificação e diminuição da formalização do processo de desenvolvimento, evitando os desperdícios, e a abordagem *Design For Six Sigma*, com ênfase em ferramentas estatísticas para o atendimento às especificações e tolerâncias do produto. Podem-se destacar como novas abordagens, também, os modelos de maturidade, capazes de medir os níveis de maturidade das práticas do processo de desenvolvimento de produto e a abordagem do ciclo de vida do produto, que apresenta uma análise mais ampla da integração do processo (ROZENFELD et al., 2006).

A incerteza, risco e complexidade inerentes ao processo de desenvolvimento de produto afetam diretamente os indicadores de qualidade e custo do produto, tempo de desenvolvimento (*lead-time*) e custo de desenvolvimento, como, também, o aumento da capacidade da empresa desenvolver, com sucesso, novos projetos. Neste ambiente, a Toyota Motor Company destaca-se por, consistentemente, obter sucesso em seus programas de desenvolvimento utilizando a abordagem de desenvolvimento enxuto de produtos, ou *Lean Development* (PÊSSOA, 2006).

2. Indicadores para Avaliar o Desenvolvimento de Produto

Ward (2007) apresenta indicadores de desempenho que podem ser utilizados para avaliar o desenvolvimento de produto.

- Retorno sobre o investimento projetado e atual: os custos de desenvolvimento devem ser tratados como investimento. O retorno sobre o investimento deve ser utilizado para gerenciar o desenvolvimento.
- Taxa de defeito do projeto e probabilidade estimada de falha: deve-se desdobrar o sistema em subsistemas ou componentes, identificar modos de falha para cada subsistema e para o sistema como um todo, estimar a probabilidade de cada modo de falha causar um projeto defeituoso e, por fim, multiplicar essas probabilidades para encontrar a probabilidade de um projeto bem sucedido, sem defeitos. Quase todos os projetos que possuem falhas não possuem o conhecimento certo no lugar certo e no tempo certo. O conhecimento bem utilizado previne defeitos, estimula os clientes e cria um fluxo de valor operacional rentável. O conhecimento bem utilizado de desenvolvimento é criado por três tipos básicos de aprendizado: integração, que inclui o

aprendizado sobre os clientes, fornecedores, parceiros, ambientes físicos no qual o produto será utilizado e outros; inovação, a qual cria novas possíveis soluções; e viabilidade, a qual permite as melhores decisões entre as novas possíveis soluções, evitando custos e problemas de qualidade no projeto. Conforme o conhecimento aumenta, a quantidade de novas ferramentas requeridas diminui. As empresas que utilizam o LD gastam uma enorme fração dos seus esforços de desenvolvimento criando conhecimento, e esse foco é o coração do LD.

- Fração do tempo de desenvolvimento gasta/consumida criando valor. Velocidade/rapidez do desenvolvimento. Medidas convencionais de velocidade, tais como tempo entre aprovação do projeto e lançamento da produção, podem ser inadequadas. Deve-se medir diretamente o tempo requerido para responder uma simples questão sobre o projeto: o tempo requerido para ir do conceito, para o modelo, para os resultados de simulação, ou do conceito para os testes de protótipos.
- Tempo de ciclo desde a definição do conceito do produto até a análise e aprovação dos resultados de testes e simulações: avaliar o quanto a empresa possui de conhecimento e o quanto ela está melhorando em relação a isso. Para isso, é necessário iniciar com as categorias integração, inovação e viabilidade.
- Grau de conhecimento e taxa de mudança: É necessário compreender quanto ainda a empresa necessita aprender. O tempo de lançamento entre produtos pode ser medido e, quanto menor for esse tempo, mais produtos estarão disponíveis para o mercado e mais a empresa pode aprender. É possível, ainda, avaliar o *lead time* entre uma oportunidade técnica ou de mercado e a produção de um produto com qualidade. O *lead time* é crítico, pois todos os concorrentes possuem acesso às informações sobre novas ideias e novos mercados ao mesmo tempo. A empresa que se destaca é aquela que é consistentemente mais rápida do que os concorrentes no sentido de aprender o suficiente para alcançar uma produção completa com alta qualidade.
- *Lead time* entre a identificação de uma oportunidade técnica ou de mercado e a produção completa de um produto de sucesso: o *lead time* é a soma de quatro períodos: tempo de reação entre o surgimento da oportunidade e a decisão da empresa em investir; tempo de exploração, durante o qual os times exploram implementações de múltiplas alternativas (e o valor do conhecimento é eficientemente adicionado); tempo de congelamento, no qual somente uma única solução é detalhada; e tempo de fixação, no qual a empresa tenta tratar os problemas com a única solução selecionada. A empresa

deveria gastar seus recursos na fase de exploração, pois somente a exploração adiciona conhecimento eficientemente. As fases de congelamento e fixação adicionam conhecimento apenas em relação à solução selecionada, o que não ajuda em projetos futuros.

3. Lean Development : definições

De acordo com Ward (2007), o LD é um sistema que reduz o tempo e os recursos necessários para o desenvolvimento de um novo produto em até quatro vezes, reduz o risco de problemas de qualidade e prazos em até dez vezes, aumenta a inovação em até dez vezes, e reutiliza partes e sistemas de produção reduzindo custos de capital e melhorando a qualidade. Segundo o autor, o LD vai além dos princípios do *Lean Manufacturing* e dos métodos da engenharia simultânea convencional, o que propicia, como efeito total para as empresas que utilizam o LD, a obtenção de um retorno no investimento igual ou melhor do que o de seus melhores concorrentes.

Reinertsen (2005) afirma que o LD tenta aplicar os princípios aprendidos em *Lean Manufacturing* na área de desenvolvimento de produto (DP) e que estes são utilizados para criar um fluxo no DP que irá torná-lo mais ágil. A possibilidade de colocar um novo produto mais rápido no mercado irá aumentar a capacidade de reatividade da empresa.

O LD se preocupa com dois tipos de fluxo de valor: o fluxo de valor operacional e o fluxo de valor de desenvolvimento (Ward, 2007). O fluxo de valor operacional inclui atividades que convertem a matéria prima em produtos e produz produtos de alta qualidade no momento que o cliente deseja. As atividades são criadoras de valor quando elas transformam os materiais em produtos, os quais os clientes estão dispostos a pagar. O fluxo de valor de desenvolvimento inclui atividades de reconhecimento de oportunidades através do lançamento da produção do novo produto.

O fluxo de valor de desenvolvimento produz fluxo de valor operacional, o qual é executado a partir do desenvolvimento dos fornecedores, passando pela fábrica e terminando na entrega do produto para o cliente. Ou seja, o fluxo de valor operacional não existe se o processo de desenvolvimento não o cria. Desenhos, análises e testes somente possuem valor se criam qualidade no fluxo de valor operacional. Desta forma, departamentos de operações são os clientes primários do processo de desenvolvimento.

O desenvolvimento somente possui valor se torna as operações capazes de entregar produtos melhores para o cliente final (Ward, 2007).

Ferramentas adaptadas do *Lean Manufacturing* como, por exemplo, *Kaizen*, 5S, mapeamento de processos, ferramentas da qualidade, etc, podem ser utilizadas desde que sejam adaptadas para o PDP (por exemplo, 5S seria focar mais na eliminação de informações indesejadas do que na limpeza do ambiente de produção) (WOMACK, JONES e ROOS, 1990). A utilização de uma plataforma comum parece ser um fator decisivo nesta metodologia, no que diz respeito à redução do custo do desenvolvimento e à inovações específicas focadas na satisfação do cliente (MASCITELLI, 2004). Algumas práticas utilizadas para alcançar os objetivos do LD são: engenharia simultânea, envolvimento dos fornecedores e dos clientes, gestão visual, trabalho em grupo e times multi funcionais (KARLSSON e ÅLHSTRÖM, 1996). Padronizar o processo de DP, reduzir o tamanho de lotes de informações/dados? transmitidos a partir de um estágio para outro e eleger um líder de projeto forte, que represente o cliente e seja capaz de cristalizar sua capacidade, são fatores que tornam o fluxo do processo mais rápido (KRISTOFERSSON e LINDEBERG, 2006). O LD é baseado na melhoria contínua e sua implementação demanda tempo e requer humildade? e compromisso para permitir a melhoria em uma empresa. O LD não propõe um roteiro para o DP, mas é uma iniciativa que ajuda a melhorar e padronizar o processo existente em uma empresa.

A estratégia por trás do LD é uma forte capacidade de reatividade às demandas do mercado e de posicionamento da empresa como líder da qualidade (MORGAN e LIKER, 2006, REINERTSEN, 2005).

McManus (2005) propõe que a abordagem enxuta no processo de desenvolvimento de produto (PDP) é baseada no mapeamento do processo de agregação de valor à informações que vão sendo desenvolvidas ao longo do PDP. O mapeamento do processo de desenvolvimento iniciaria com um “mapa de limites” que identificaria as entradas e saídas do processo. A definição clara da saída do processo, assim como de seu valor para os clientes (consumidor final, acionistas, etc.), é fundamental para que o processo seja detalhado em tarefas. Uma vez identificadas as tarefas necessárias ao projeto, elas devem ser classificadas em algum dos três tipos possíveis definidos pelo autor:

- Tarefas que agregam valor direto: tais como, as de definição do produto final com desempenho funcional desejado, as de definição do processo de produção e entrega etc.

- Tarefas necessárias que não agregam valor: as que precisam ser realizadas se a empresa não provê um sistema de gestão que as torne comuns no seu cotidiano, como por exemplo, facilitar a comunicação, investir na satisfação das pessoas com o trabalho etc.
- Tarefas intermediárias: em algumas situações agregam valor e em outras não, tais como documentação do produto, atividades habilitadoras como aquisição de componentes etc.

A partir de então, o autor sugere que as tarefas consideradas necessárias ao desenvolvimento do novo produto sejam utilizadas para elaborar mapas com o "fluxo básico de informações entre elas". Na elaboração dos mapas devem ser ilustradas algumas métricas básicas para que se tomem decisões relacionadas com a melhoria do fluxo, tais como:

- Tempo de ciclo: tempo necessário para realizar uma tarefa;
- Tempo em fila: tempo que um trabalho espera até o processo seguinte o utilize;
- Tempo de processo principal: horas de trabalho contínuo gastas no cerne da tarefa (excluindo *set-up*, ajustes, levantamento de informações etc). Algumas vezes é chamado de tempo de valor agregado;
- Eficiência;
- *Lead time*: tempo do reconhecimento da necessidade pela tarefa até a compleição da tarefa.

Mapas de estado atual são analisados quanto à existência de tarefas que não se encaixam em nenhuma das três tipologias discutidas anteriormente e que, portanto, podem ser denominadas como não-agregadoras de valor. O fluxo é, então, analisado quanto a possíveis desperdícios de informação (McMANUS, 2005): (1) atraso da disponibilização da informação; (2) estoques de informações grandes, complexos ou obsoletos; (3) informações excessivamente trabalhadas; (4) criação e disponibilização de informações desnecessárias; (5) problemas no transporte de informações; (6) movimentos desnecessários como reformatação ou dificuldades de acesso direto; e (7) informações incompletas, sem revisões, verificações etc.

Cusumano e Nobeoka (1998) afirmam que o foco do LD é a gestão integrada de múltiplos projetos, com a maximização do número de modelos de novos produtos, por cada projeto plataforma, e a intensa reutilização de componentes e tecnologias entre projetos, visando economia de escala e de escopo.

O que distingue o LD, também, é a ênfase na exploração de múltiplas alternativas de projeto nas fases iniciais, retardando o congelamento do conceito e da solução eliminando as alternativas avaliadas como inferiores, na medida em que o nível de detalhamento avança até que reste apenas a solução final, aumentando a probabilidade de que esta solução seja melhor, quando comparada com a prática usual de fazer iterações sobre a mesma alternativa (previamente definida) até que os requisitos de projeto sejam atendidos. Essa ferramenta é denominada de *Set Based Concurrent Engineering* - Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos de Possíveis Soluções, ou ESBC (WARD et al., 1995; SOBEK et al., 1999).

Tapping e Shuker (2003) discutem a aplicação dos conceitos de produção enxuta para processos organizacionais que tenham caráter administrativo. Embora não enfoquem especificamente o PDP, o ferramental desenvolvido pelos autores poderia ser utilizado em diversas situações envolvidas no desenvolvimento de produtos. Segundo os autores, a exemplo da manufatura, os processos administrativos ocorrem em sequências pré-determinadas, podem ser medidos em relação a tempo e quantidades e contém, na maioria das vezes, alguns procedimentos redundantes ou que poderiam ser executados em uma outra ordem de eventos que melhore seus resultados finais. Para os autores, apenas de 5% a 30% do tempo despendido em um processo administrativo equivale ao valor que ele agrega à organização.

Independente do setor em que a empresa atua ou do tipo de produto que ela desenvolve, alguns problemas em implantar o LD são destacados na literatura. De acordo com Waal e Counet (2009), esses problemas podem ser descritos como: os gerentes dão pouca prioridade para a implementação de sistemas de avaliação de desempenho; a implementação requer mais tempo do que o esperado; não há recursos suficientes e capacidade de implementação; a organização é um ambiente de instabilidade; falta compromisso da gestão; falta motivação dos funcionários; falta apoio da tecnologia da informação; a organização não possui uma compreensão clara da sua própria estratégia; não existe rede de aprendizagem ou visão departamental; existe dificuldade em definição de fatores críticos de sucesso; falta foco na gestão e controle internos; existe dificuldade em transformar a estratégia empresarial em objetivos individuais; há dificuldade em definir corretamente os indicadores; existe foco demasiado nos resultados e não durante o processo de implementação; falta acompanhamento diário de gestão, bem como uma liderança durante a coordenação e execução; existe dificuldade em manter a implementação; há dificuldade para obtenção

de dados para os indicadores ou a organização não enxerga os benefícios da implementação.

4. Princípios Enxutos no Ambiente de Desenvolvimento de Produto

Mascitelli (2004) apresenta o desenvolvimento de produto enxuto com o objetivo principal de alcançar uma integração entre as atividades de desenvolvimento de produto e processo de fabricação, ou seja, um tipo de co-desenvolvimento. Salieta, ainda, a necessidade de que o novo produto deve procurar preferencialmente usar materiais do inventário atual da fábrica, mesma base de fornecedores, poucos componentes e/ou montagens, fluxo de processo semelhante aos existentes e que permita pequenos lotes, tolerâncias conforme as capacidades atuais de processo e que seja fácil de testar. O autor apresenta cinco princípios para o desenvolvimento enxuto de produtos:

Princípio 1: Defina precisamente o problema do cliente e identifique a função específica que deve ser executada para resolver o problema.

Princípio 2: Identifique o processo mais rápido pelo qual as funções identificadas possam ser integradas em um produto de baixo custo e alta qualidade.

Princípio 3: Tire fora qualquer item de custo redundante ou desnecessário, para revelar uma solução ótima de produto.

Princípio 4: Ouça a voz do cliente frequentemente e interativamente durante todo o processo de desenvolvimento.

Princípio 5: Introduza métodos e ferramentas de redução de custo tanto em suas práticas de negócios quanto em sua cultura, para permitir que a redução de custo seja contínua.

Morgan e Liker (2006) utilizam um modelo de sistema para descrever o *Lean Development* que combina três subsistemas principais: processos; pessoal; ferramentas e tecnologia. Esses três sistemas são compostos por treze princípios que compreendem o modelo de sistema enxuto de desenvolvimento de produto, de acordo com a visão desses autores.

O primeiro subsistema consiste em processos e abrange todas as tarefas e sequências de tarefas exigidas para levar um produto desde o conceito até o início de produção. Em um processo de engenharia a matéria prima é a informação: necessidades

do cliente, características dos produtos anteriores, dados sobre produtos competitivos, princípios de engenharia e outras informações que são transformadas pelo processo de desenvolvimento de produto na engenharia completa de um produto. Esse subsistema é compreendido pelos princípios de 1 a 4:

Princípio 1: Identifique valor definido pelo cliente para separar valor agregado de desperdício: qualquer atividade que consome tempo e dinheiro mas não agrega valor pela perspectiva do cliente é desperdício.

Princípio 2: Concentre esforços no início do desenvolvimento de produto para explorar integralmente soluções alternativas enquanto existe a máxima flexibilidade de projeto: deve-se utilizar recursos multifuncionais integrados de engenharia para focar em resolver os principais desafios em engenharia enquanto existe o máximo de opções para tanto. Resolver problemas enquanto os projetos estão na sua maior fluidez permite à empresa explorar soluções potenciais em projeto, engenharia e manufatura. Isso minimiza dispendiosas mudanças de engenharia no decorrer das etapas mais adiantadas do fluxo.

Princípio 3: Crie um nivelamento de fluxo do processo de desenvolvimento de produto: um sistema de desenvolvimento de produto enxuto é uma oficina de trabalho de conhecimentos funcionais que a empresa pode melhorar de forma contínua mediante a utilização de ferramentas adaptadas nos processos dos processos repetitivos de manufatura a fim de eliminar o desperdício e sincronizar as atividades multifuncionais. Com isso é possível equilibrar a carga de trabalho, criar e diminuir a cadência da gestão de eventos para criar um tempo *takt*, minimizar as filas, sincronizar processos compartilhados por departamentos funcionais e reduzir o retrabalho a um mínimo.

Princípio 4: Utilize padronização rigorosa para reduzir a variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis: reduzir a variação e, ao mesmo tempo, preservar a criatividade, é um desafio no desenvolvimento de produto. Portanto, o ideal é que sejam padronizadas as tarefas mais comuns, que podem ser divididas em três categorias: padronização do projeto (arquitetura conjunta, modularidade e reutilização de componentes compartilháveis); padronização dos processos (projetar produtos e construir plantas de produção padronizadas com base em processos de manufatura padrão); padronização dos conjuntos de competência em engenharia (proporciona flexibilidade na formação de equipes e programação da produção).

A padronização é a base para reduzir as variabilidades por meio de lista de verificações e é utilizada como um mecanismo para capturar o conhecimento. A

padronização do projeto envolve o produto, sua arquitetura, seus componentes e matéria-prima. A padronização dos processos envolve tarefas comuns, sequência e duração das tarefas e padronização das habilidades técnicas, que está relacionada com a capacidade das pessoas envolvidas na equipe do desenvolvimento (MUNSTERMANN et al., 2010; MARKSBERRY et al., 2010; WANG e KLEINER, 2005; WEE e WU, 2009).

O segundo subprocesso consiste em pessoal e envolve recrutamento, seleção e treinamento de engenheiros, estilos de liderança e padrões de estrutura e aprendizagem organizacionais. Esse subprocesso é compreendido pelos princípios de 5 a 10:

Princípio 5: Desenvolva um sistema de engenheiro-chefe para integrar o desenvolvimento do início ao fim: o engenheiro-chefe é responsável pela situação exata de qualquer projeto em andamento. Ele não é simplesmente um gerente de projeto, mas um líder e integrador de sistemas técnicos e é para ele que são delegadas as decisões mais difíceis. O engenheiro-chefe não é um somente um gerente de projeto, pois além de administrar pessoal e prazos, é um arquiteto técnico principal que, além de unir, mantém unido e sólido o processo de desenvolvimento de produtos.

Princípio 6: Organize para balancear a competência funcional e a integração multifuncional: embora a empresa seja organizada funcionalmente, com ênfase nas habilidades funcionais e numa hierarquia baseada no mérito, deve haver a integração entre os tradicionais silos por meio do engenheiro-chefe e de equipes de desenvolvimento em módulos.

Princípio 7: Desenvolva competência técnica superior em todos os engenheiros: os engenheiros devem aprofundar, e não ampliar, sua experiência, por meio do desenvolvimento de suas capacidades técnicas. A excelência técnica deve ser reverenciada e os engenheiros devem passar grande parte do tempo de trabalho em atividades práticas, empenhando-se em fiscalizar de perto como está sendo desenvolvido o trabalho e quais são os problemas apresentados.

Princípio 8: Integre plenamente os fornecedores ao processo de desenvolvimento de produtos: por serem responsáveis por mais de 50% dos componentes na maioria das indústrias, os fornecedores devem constituir uma parte fundamental do sistema de desenvolvimento produto. As empresas precisam administrar e cultivar seus fornecedores da mesma forma que administram e cultivam seus recursos internos de manufatura e engenharia. A utilização de métodos, como a presença na fábrica de

engenheiros convidados dos fornecedores, serve para estreitar o relacionamento entre a organização e seus fornecedores.

Princípio 9: Consolide o aprendizado e a melhoria contínua: a capacidade de aprender e melhorar pode ser a vantagem competitiva mais sólida de uma empresa.

Princípio 10: Construa uma cultura de suporte à excelência e à melhoria ininterrupta: O DNA da empresa deve ser uma combinação de crenças e valores fortemente compartilhados por sucessivas gerações de gerentes e engenheiros, a fim de que a organização venha a trabalhar harmoniosamente em direção a objetivos comuns. Todos os outros princípios funcionam porque a cultura da empresa torna os princípios uma parte viva do modo com a empresa funciona.

O terceiro subprocesso consiste nas ferramentas e tecnologias utilizadas para transformar um projeto em produto final. Esse subprocesso é compreendido pelos princípios de 11 a 13:

Princípio 11: Adapte a tecnologia para que sirva ao pessoal e aos processos: agregar tecnologia a um sistema viciado de desenvolvimento de produto não irá gerar valor para a empresa, podendo esta, inclusive, retardar seu desempenho, especialmente no curto prazo. A tecnologia, sozinha, poucas vezes consegue concretizar uma vantagem competitiva de real importância, em parte porque a tecnologia pode ser facilmente copiada por outros. Portanto, é muito mais importante dedicar tempo e esforço a fim de garantir que a tecnologia se adapte aos processos já otimizados e disciplinados e também ao pessoal altamente qualificado e organizado.

Princípio 12: Alinhe a organização mediante comunicação simples e visual: os muitos projetistas e engenheiros focados nas respectivas especializações técnicas devem estar alinhados. O desdobramento de diretrizes é um método que decompõe objetivos corporativos de alto nível em objetivos com significado para o chão de fábrica. Para dar suporte a esse processo, devem ser usados métodos visuais simples na comunicação dessa informação, quase sempre limitados a uma simples folha de papel.

Princípio 13: Use ferramentas poderosas para a padronização e o processo organizacional: não existe melhoria contínua sem padronização e, conseqüentemente, o aprendizado deve estender-se no nível macro de aprendizagem.

De um modo geral, vários autores analisam a abordagem *lean* por meio de princípios, porém, normalmente são complementos da visão inicial da eliminação de desperdícios como base principal. A partir daí, pode-se agregar uma série de importantes conceitos e então, gerar novos princípios. Entretanto, há de se considerar

que os conceitos que aparecem como princípios normalmente estão associados às raízes da formação de uma cultura de eliminação de desperdícios por meio da melhoria contínua e foco no cliente (TEIXEIRA, 2012).

É importante lembrar que os conceitos enxutos no ambiente de desenvolvimento de produto foram derivados dos 5 princípios enxutos de Womack e Jones (1996).

5. Ferramentas Enxutas do Desenvolvimento de Produto

Dal Forno et al. (2008) apresentam uma compilação das ferramentas enxutas do desenvolvimento de produtos mencionadas na literatura. Algumas dessas boas práticas, também chamadas de ferramentas, incluem envolver o fornecedor desde o início do processo de desenvolvimento; possuir poucos e confiáveis fornecedores para criar uma relação de parceria e desenvolvimento conjunto; mapeamento do fluxo de valor e técnicas de planejamento e resolução de problemas; padronização; estrutura organizacional focada em processos envolvendo diversas áreas (marketing, engenharia, produção, vendas, projeto do produto e planejamento e controle da produção); técnicas para capturar a voz do consumidor; gestão visual; preocupação em entender as necessidades dos clientes internos; simulações virtuais para evitar retrabalhos com protótipos; amplo reuso de soluções de projeto já conhecidas e adotadas anteriormente; biblioteca de projetos; registro de lições aprendidas; engenharia simultânea. Na sequência, algumas dessas ferramentas serão definidas.

- Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM – *Value Stream Mapping*): visa desenvolver um retrato do estado atual para visualizar alguns desperdícios e calcular o *lead time*. Após, no mapa do estado futuro e no plano de ação, as melhorias são planejadas.
- Gestão Visual: a gestão visual, seja de forma eletrônica ou física, atenta para a padronização, de modo a facilitar um entendimento comum da equipe, torna os problemas visíveis e mostra o escopo do projeto com indicadores de qualidade, tempo e custo. Um quadro visual com o cronograma das datas e fases dos projetos em andamento auxilia a visualização do cumprimento dos prazos e a tomada de medidas preventivas em tempo, conforme a frequência de conferência do desempenho do projeto (LOCHER, 2008; PARRY e TURNER, 2006).

- SBCE (*Set Based Concurrent Engineering*): Na engenharia simultânea baseada em conjuntos de alternativas, toda a equipe do desenvolvimento estabelece e desenvolve um conjunto de alternativas paralelas e independentes ao longo das fases do PDP e, ao final, a melhor alternativa gerada é testada no intuito de fazer certo da primeira vez (KINCADE, REGAN e GIBSON, 2007; SCHÄFER e SORENSEN, 2010; HINES, FRANCIS e FOUND, 2006; MADHAVARAM e APPAN, 2010; SALAH, RAHIM e CARRETERO, 2010; DOLL, HONG e NAHM, 2010; MOLS, 2010; PÊSSOA, LOUREIRO e ALVES, 2007).

Ward (2007) afirma que, durante o desenvolvimento do produto, a rede de comunicação de projeto deve ser estabelecida de tal forma que a informação seja puxada pelo consumidor e não empurrada pelos desenvolvedores. Portanto, como ocorre no chão de fábrica, o ritmo cadenciado e a lógica do fluxo contínuo e puxado também são os elementos operacionais essenciais que garantem a agilidade e os baixos custos dos processos de desenvolvimento.

Desta forma, deve-se garantir que a informação e o conhecimento fluam de maneira cadenciada (*takt time*), contínua (sem esperas e sem retornos) e puxada (de acordo com a demanda real da próxima etapa) durante todo o desenvolvimento (MCMANUS, 2005). A informação deve estar disponível no momento e lugar certo e na quantidade adequada. Também, é essencial a aplicação da engenharia simultânea baseada em conjuntos de possíveis soluções.

Mapeamento do Fluxo de Valor

Dal Forno et al. (2008) afirmam que com a tendência na redução do ciclo de vida dos produtos, novas ideias são demandadas por um mercado cada vez mais volátil e exigente. Transformar essas ideias em projetos sustentáveis que satisfaçam as necessidades e expectativas dos clientes ao longo do processo de negócio, impacta diretamente na sobrevivência de uma corporação. Com a disseminação dos princípios *lean* (ou enxutos), foram identificadas melhorias nos sistemas produtivos. Busca-se, desde então, guiar o processo pelo valor identificado pelos seus “*stakeholders*” e adaptá-lo de acordo com a cultura da empresa.

No âmbito estrito do desenvolvimento de novos produtos, Womack e Jones (2004) tratam valor como a experiência total obtida em relação a um produto, desde a

aquisição até o descarte. Murman et al. (2002) afirmam que os interessados identificam valor de acordo com a maneira que cada um deles percebe o retorno financeiro, benefício, utilidade ou recompensa em troca de sua respectiva contribuição para a empresa desenvolvedora. Os autores ainda afirmam que a percepção de valor evolui com o tempo, com as circunstâncias e com as prioridades. Segundo Pessoa (2006), o valor para os diversos interessados no desenvolvimento de um novo produto não está contido apenas nos produtos e resultados físicos deste processo, ele envolveria percepções muito mais sutis e o próprio relacionamento complexo das percepções de valor do conjunto de resultados e produtos.

A grande aceitação do LT, em âmbito mundial, expressa a importância dos princípios implementados para otimizar o processo de criação de valor. O LT expressa uma abordagem de gerenciamento para os contextos de negócio onde a qualidade, o fluxo, o tempo e o custo desempenham um papel importante na criação do valor. Originalmente, o LT era visto como uma filosofia adequada para ser aplicada a cada atividade de criação de valor. Embora o LT foque no cliente como criador de valor, os engenheiros do processo de desenvolvimento de produto também desempenham um importante papel para a definição de valor, especialmente nas primeiras etapas do desenvolvimento do produto.

Salgado et al. (2009) afirmam que o mapeamento do fluxo de valor do PDP focando a redução de desperdícios é realizado de forma a determinar o nível de agregação de valor das atividades para o cliente. Esta ferramenta pode não ser uma garantia para o sucesso, porém, é útil para o entendimento e melhoria do PDP, dentro de uma transição global para o *lean*. Alguns passos para a utilização do mapeamento do fluxo de valor no PDP são: treinamento da equipe no mapeamento do fluxo de valor; seleção do fluxo de valor, dentro do PDP, para a realização da melhoria; definição dos elementos do fluxo de valor; mapeamento e análise do estado atual; elaboração e análise do mapa futuro ou mapa ideal; implementação dos novos processos, a fim de atingir o mapa futuro/mapa ideal; manutenção dos resultados e melhoria contínua.

Gestão visual

A gestão visual se caracteriza pela disponibilização das informações sobre produtos, atividades, produção, indicadores de desempenho e várias outras, de modo que seja possível a todos os interessados entenderem rapidamente a situação real. Em

adição, ferramentas que auxiliam a visualização de um projeto e a comunicação dentro da equipe do projeto podem ser utilizadas para ajudar os membros da equipe a saberem quais são os seus papéis. São exemplos dessas ferramentas: uma sala dedicada para cada projeto, um projeto gráfico (visual) no início do projeto e listas de tarefas do que precisa ser feito e priorizado. Desta forma, a equipe se sentirá mais envolvida no projeto (MORGAN e LIKER, 2006, REINERTSEN, 2005).

Ferramentas de visualização, tais como mapeamento de processos, mostram as oportunidades de melhoria no processo de DP e permitem às empresas tornar o processo de DP mais fluente. Com base na melhoria contínua e comunicação visual, também é possível aumentar o valor para o cliente, desenvolvendo produtos de alta qualidade e aumentando a qualidade desde o início do projeto (MORGAN e LIKER, 2006).

Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos de Alternativas

De acordo com Kennedy (2003), o modelo de desenvolvimento convencional tende a convergir rapidamente para uma solução, dando uma falsa impressão de que isso diminui as indefinições e incertezas nas fases a jusante. Essa solução é modificada até que satisfaça todos os requisitos do projeto, o que pode ser eficaz desde que não se tenha escolhido inicialmente a solução errada. A ESBC explora simultaneamente várias possibilidades de solução para o projeto, articuladas para os diferentes subsistemas e, gradualmente, elimina as mais fracas até convergir para a solução final, retardando a decisão até que o nível de maturidade do projeto permita tomá-la com o menor risco possível (SOBEK et al., 1999). Dessa forma, é mais provável que a solução final seja realmente a melhor para o projeto, dentre as consideradas. O autor também afirma que o processo de desenvolvimento da Toyota inicia com a declaração de metas, e que as especificações do produto são o resultado do processo e não o seu ponto de partida. Em suma, a ESBC foca o desenvolvimento paralelo de múltiplas soluções alternativas para o projeto, a fim de reduzir a chance de uma única alternativa falhar e atrasar o projeto. Mais que isso, a ESBC enfatiza o rápido desgaste de soluções fracas e o desenvolvimento de curvas de *trade-off*, entre alternativas de projeto e critérios de avaliação, que são a base do conhecimento que define o limite do possível.

De acordo com Kennedy (2003), para executar a ESBC, é necessária uma força tarefa que possua um técnico com experiência e disciplina, que tome as decisões apropriadas e no tempo certo, além de possuir um bom poder de planejamento.

Os líderes de projeto são chamados de engenheiros chefes e são responsáveis por gerenciar o processo da ESBC, de como convergir para uma solução, dentre tantas possíveis, sem nenhuma especificação existente. Os engenheiros chefe lidam com clientes, disponibilizam recursos e fazem a combinação e o estreitamento das decisões. As pessoas não se reportam a eles, exceto para casos de integração e suporte. São eles que negociam com os gerentes funcionais os recursos humanos e a qualidade do projeto.

Os engenheiros chefe são reconhecidos como os melhores engenheiros da companhia. Cada um deles deve possuir, pelo menos, vinte anos de experiência de projeto em mais do que uma área de atuação. Uma liderança de projeto de alto nível deve demonstrar um grande comprometimento continuamente. A primeira tarefa é criar um senso de urgência. A segunda é estabelecer uma visão do estado futuro, juntamente com objetivos muito claros. Sem um firme comprometimento dos líderes, é praticamente impossível manter o foco no processo de mudança.

Os engenheiros mantêm e comunicam sistematicamente o conhecimento por meio de curvas de *trade off* e análises de resultados baseadas em testes.

Existem muitas atividades de manufatura implícitas no PDP, tais como prototipagem, construção de ferramental, produção piloto, etc. (BALLÉ e BALLÉ, 2005). É importante que exista atenção especial ao processo de preparação para a produção, situado entre as fases de prototipagem e de início da produção, e que é apontado como um dos fatores determinantes da sua competência em atingir mais rapidamente o regime de produção após o lançamento. De acordo com Mascitelli (2004), esse processo deve ser paralelo e análogo ao ESBC, no qual os responsáveis pelo desenvolvimento do processo de manufatura devem ser guiados por um funil, iniciando com conceitos gerais, passando pelas curvas de compensação (*trade-offs*) e terminando com a definição do processo final de manufatura. O processo de fabricação deve ser considerado desde o início do PDP, pois muitas limitações, adaptações e facilidades poderão ser consideradas muito antes de o produto ser direcionado para as linhas de produção, reduzindo o risco de desenvolver produtos que não possam ser fabricados, ou até mesmo produtos que ocasionariam um elevado grau de desperdício para serem fabricados. O sucesso dos novos produtos é, em grande parte, influenciado por seu processo produtivo. A introdução de novos produtos no ambiente da manufatura influencia o seu desempenho. Segundo Cecconello (2002), incertezas sobre a manufaturabilidade do projeto durante seu desenvolvimento resultam em perdas de oportunidades de negócios, tais como: redução do lucro devido às falhas na escolha do

melhor projeto; atrasos na produção, insatisfação dos clientes e custo extra; baixos rendimentos e qualidade inferior do produto; aumento de custos dos inventários e problemas no fluxo de caixa; falhas nos sistemas de previsão de demanda.

Portanto, é importante manter um relacionamento entre a manufatura e as fases iniciais do desenvolvimento, facilitando a manufaturabilidade dos produtos por meio da redução das incertezas. O processo de preparação para a produção e o ESBC devem se realimentar mutuamente, ou seja, à medida que as alternativas de conceito do produto forem propostas, as alternativas de processo para a produção destes conceitos devem ser simultaneamente consideradas, e este ciclo deve perdurar até que se chegue ao conceito de produto e de processo de manufatura definitivo.

6. Os Desperdícios no Desenvolvimento de Produto

É importante ressaltar que a busca pela eliminação dos desperdícios de um produto deve ser realizada desde as fases iniciais do seu desenvolvimento e não apenas quando este é endereçado às linhas de produção. Identificar e eliminar previamente as possíveis fontes de desperdícios resulta em ganhos competitivos para a organização, mediante a possibilidade de redução do tempo de desenvolvimento, riscos e custos. Segundo Rozenfeld et al. (2006), os custos de modificações do produto crescem exponencialmente com o tempo e é na fase de projeto conceitual que as decisões tomadas possuem o maior impacto nos custos de um produto. Portanto, o pensamento enxuto deve estar presente no produto desde sua concepção, uma vez que as eliminações prévias de desperdícios reduzem a probabilidade de modificações tardias, que tendem a ser mais complexas e de maior custo.

A base para o entendimento do que se convencionou chamar “Filosofia *Lean*” está no entendimento do que é “valor para o cliente”, ou seja, quais as atividades e características que efetivamente agregam valor ao produto, sendo valor entendido como tudo aquilo que o cliente identifica e se dispõe a pagar por ele. A partir disso a “Filosofia *Lean*” usa uma série de métodos e ferramentas procurando identificar tudo que consome recursos, mas que não representa valor para o cliente, os chamados desperdícios, buscando sua eliminação de maneira sistemática através de esforços focados de melhoria (*kaizens*). Alguns autores já desenharam um paralelo de quais seriam os diferentes tipos de desperdícios existentes nos processos de desenvolvimento de produtos. Bauch (2004) cita a seguinte classificação:

- Espera: tempo em que o fluxo de valor não fluiu, ou seja, permanece estático (pessoas esperando por algo atrasado ou que não foi feito, informações esperando por pessoas ou pessoas aguardando por capacidade disponível de recursos);
- Transporte/passagem de responsabilidade: transmissão ineficiente ou excesso de manuseio da informação;
- Movimento: movimento das pessoas devido aos problemas para um acesso direto a ferramentas, pessoas, dados ou sistemas;
- Processos desnecessários: inerente a um processo não otimizado, ou seja, a existência de etapas ou funções do processo que não agregam valor ao produto;
- Estoque: grandes lotes de informações aguardando processamento ou liberação, estoque de equipamento e protótipos que são desnecessários ou subutilizados, armazenamento excessivo de dados, filas dentro do caminho crítico, alta variabilidade do sistema e utilização além da capacidade (mesmo quando usada para recuperar atrasos, aumenta os custos e normalmente desestabiliza todo o desenvolvimento);
- Super-produção e processos não-sincronizados: distribuição excessiva de informações (ao invés de uma distribuição seletiva) e falta de sincronização entre os processos;
- Defeitos: dados ou informações erradas, deficiência na qualidade da informação, e baixa qualidade nos testes e verificações;
- Reinvenção: baixa reutilização de projetos de engenharia já existentes e baixo aproveitamento de conhecimento já desenvolvido; reinvenção de processos, soluções, métodos e produtos que já existem ou que somente necessitam de poucas modificações para torná-los adequados ao problema em questão.
- Falta de disciplina no processo: objetivos e metas obscuros, papéis, responsabilidades e deveres obscuros, regras obscuras, indisciplina em relação ao planejado, insuficiente predisposição para cooperar, e falta de competência ou de treinamento;
- Recursos de tecnologia da informação limitados: compatibilidade frágil entre *hardware* e *software*, baixa capacidade e disponibilidade.

McMANUS (2005) classifica alguns desperdícios de informação, sendo eles: (1) atraso da disponibilização da informação; (2) estoques de informações grandes, complexos ou obsoletos; (3) informações excessivamente trabalhadas; (4) criação e disponibilização de informações desnecessárias; (5) problemas no transporte de

informações; (6) movimentos desnecessários como reformatação ou dificuldades de acesso direto; e (7) informações incompletas, sem revisões, verificações etc.

Como forma de eliminar ou reduzir esses desperdícios, Lovro (2008) sugere que haja foco na criação de fluxos de valor rentáveis, de maneira que o produto seja projetado conjuntamente com as operações das quais resultará, pois isso é fundamental para que se consiga otimizar a utilização dos recursos. Além disto, é essencial que haja um líder empreendedor experiente, com visão sistêmica.

Ward (2007) classifica alguns desperdícios de conhecimento e afirma que considerar esses desperdícios ajudará a empresa a: decidir se e o que mudar; construir uma mudança; identificar coisas que devem ser mudadas imediatamente; entender o sistema de aprendizagem; adaptar o sistema enxuto à sua situação atual; e continuar a melhorar. De acordo com o autor o desperdício mais importante em desenvolvimento é o de conhecimento. Existem três categorias primárias de desperdício de conhecimento, cada uma com duas categorias adicionais associadas. A figura 1 ilustra essas categorias.

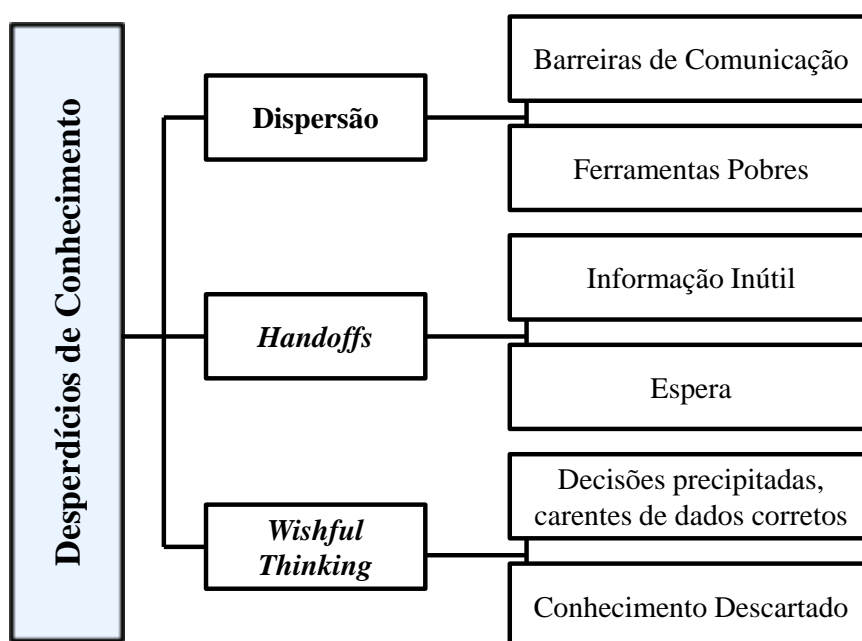


FIGURA 1 – Categorias de desperdício de conhecimento (WARD, 2007).

A dispersão está relacionada com o desperdício decorrente de mudanças frequentes no modo de se fazer as coisas. Perde-se conhecimento e *know-how* adquiridos ao longo do tempo. A todo momento inicia-se uma nova curva de aprendizagem, requerendo requalificações. O problema pode se agravar à medida que mudanças tornam-se mais constantes e abrangentes.

Em relação aos “*handoffs*”, os mesmos ocorrem quando conhecimento, responsabilidade, ação e *feedback* não são tratados como um todo. Muitas empresas separam essas quatro dimensões, fragmentando as atividades ao máximo, acreditando que, quanto maior a divisão do trabalho, melhor. Isso se torna um grande problema, pois resulta em tomadas de decisão por pessoas que não possuem conhecimento suficiente para isso ou, então, que não possuem a oportunidade para fazer a decisão acontecer. Por exemplo, o gerente decide o que fazer (responsabilidade), o especialista define o processo e suas regras (conhecimento), o operador executa (ação) e isso será sempre feito da mesma maneira (falta de *feedback*). Outros exemplos são: especialistas determinam os parâmetros para o *design*, mas não os executam. Supervisores de engenharia aprovam as partes, mas não participam do *design* das mesmas. O projetista determina as formas, mas não domina as técnicas de engenharia e possui pouca responsabilidade sobre o desempenho do projeto. Os “*handoffs*” causam a geração de informação inútil, que é aquela que não ajuda a entender o cliente ou outras questões de integração, não inova e não fornece base para boas decisões. Isso acontece, muitas vezes, quando os engenheiros de desenvolvimento precisam gerar informações para os gerentes, que demandam por informações para manter o controle, e, enquanto isso, deixam de resolver os problemas que surgem durante o desenvolvimento.

O desperdício advindo do “*wishful thinking*” está relacionado com as decisões tomadas sem dados suficientes, de forma precipitada, carentes de dados corretos, experimentações e questionamentos adequados, devido ao fato do desenvolvimento iniciar com as especificações. No início do projeto, os clientes não sabem o que realmente querem e os engenheiros de desenvolvimento não sabem qual caminho irão seguir, pois somente podem se basear em dados antigos. Isso causa desperdícios que vão acumulando-se ao longo do tempo. Estabelecer as especificações no início do projeto é uma informação empírica que, comumente, impõe inúmeras restrições ao longo do ciclo de vida do mesmo e, frequentemente, produz perdas de mercado, custos excessivos e vários problemas de qualidade. Testar aquilo que já está especificado pode não mostrar que o produto está pronto para o mercado, pois estatisticamente é impossível de se testar o suficiente até que se esteja confiante em atender uma moderna demanda de qualidade. No LD, testes primários são realizados para encontrar os pontos de falha e, então, o projeto é desenvolvido para estar fora dos pontos de falha (WARD, 2007).

O quadro1 apresenta algumas situações comuns no desenvolvimento de produto, algumas respostas convencionais e como elas criam a dispersão.

QUADRO1 – Dispersão e suas consequências (Ward, 2007).

Situação	Resposta Convencional	Efeito Dispersivo	Resposta Enxuta (<i>Lean</i>)
As atividades são mal feitas	Reorganize (pessoas precisam aprender novas funções – perda de tempo)	Interação do conhecimento obsoleta	Encontre a causa raiz
O projeto está indo para trás	Adicione mais engenheiros de desenvolvimento ao time	Comunicação rompida	Contribuição dos supervisores
Os agentes de compras estão demorando a encontrar fornecedores	Cobre os agentes mais frequentemente (agentes mais pressionados, podem cometer mais erros)	Compras dispersas	Encontre e atue na causa raiz
Falhas de produtos constantes	Adicione mais tarefas e listas de conferências ao processo de desenvolvimento	Engenheiros de desenvolvimento dispersos	Encontre e atue na causa raiz
Os clientes querem algo novo	Adicione um projeto de desenvolvimento apressadamente	Sobrecarga de recursos, novas falhas nos produtos	Frequência estável de inovação
Problemas com o sistema de manufatura	Mantenha os engenheiros de manufatura no projeto até que o sistema funcione corretamente	Engenheiros de manufatura não disponíveis para o próximo projeto, problemas repetitivos	Uso do ESBC, rotação de pessoas da planta para o time

As barreiras de comunicação, associadas à dispersão, impedem diretamente o fluxo de conhecimento. São constituídas de barreiras físicas (distâncias), barreiras

sociais (comportamentos gerenciais que evitam comunicação), barreiras de habilidade (pessoas que não sabem como transformar dados em conhecimento útil) e canais de informação ruins (WARD, 2007).

Salgado et al. (2009) fizeram uma análise, a partir da compilação de publicações de diversos autores, dos princípios e ferramentas da manufatura enxuta, bem como dos desperdícios do processo de desenvolvimento de produto. Os autores elaboraram uma síntese, apresentada no quadro 2, que identifica as ferramentas que melhor se adaptam para tratar os desperdícios do PDP. A análise do quadro indica que o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta útil na identificação de todos os desperdícios do PDP.

QUADRO 2 – Aplicação das ferramentas da manufatura enxuta nos desperdícios do processo de desenvolvimento de produto (SALGADO et al., 2009).

Desperdício do processo de desenvolvimento de produto	Ferramentas enxutas aplicáveis
Espera	Mapeamento do fluxo de valor Manutenção produtiva total Melhoria na relação cliente/fornecedor. Redução do número de fornecedores Produção sincronizada Recebimento/fornecimento <i>just in time</i>
Transporte	Mapeamento do fluxo de valor Tecnologia de grupo Trabalho em fluxo contínuo/redução do tamanho de lote Manutenção produtiva total
Movimento	Mapeamento do fluxo de valor Trabalho em fluxo contínuo/redução do tamanho de lote 5S
Processos desnecessários	Mapeamento do fluxo de valor 5S
Estoque	Mapeamento do fluxo de valor Trabalho em fluxo contínuo/redução do tamanho de lote
Super-produção	Mapeamento do fluxo de valor

	5S Produção sincronizada
Defeitos	Mapeamento do fluxo de valor Ferramentas de controle da qualidade Zero defeito Ferramentas à prova de erros
Reinvenção	Mapeamento do fluxo de valor Medidas de desempenho Tecnologia de grupo Gráficos de controle visuais
Falta de disciplina no processo	Mapeamento do fluxo de valor <i>Empowerment</i> Trabalho em equipes Medidas de desempenho Comprometimento dos funcionários e alta gerência Trabalhador multi-habilitado/rodízio de funções Treinamento de pessoal
Recursos de tecnologia da informação limitados	Mapeamento do fluxo de valor Tecnologia de grupo

7. Alguns Estudos de Caso Apresentados na Literatura

Não foram encontrados na literatura *surveys* a respeito da aplicação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produto. No entanto, alguns estudos de caso foram encontrados e, alguns deles, são descritos abaixo.

Salgado et al. (2009) realizaram um estudo de caso em uma pequena empresa do mercado de autopeças, onde o desenvolvimento de produto é realizado sob encomenda, aplicando a ferramentas de mapeamento do fluxo de valor, a fim de identificar desperdícios no processo de desenvolvimento de produto. Foi realizado um treinamento sobre a ferramenta para os funcionários da área e, em seguida, foram definidos os elementos do fluxo de valor e mapeado e analisado o mapa atual do PDP da empresa estudada. Foram identificados desperdícios como espera pela liberação do projeto, problemas de incompatibilidade, pouca utilização de conhecimento, pouca reutilização

de projetos, movimentação desnecessária de pessoas, distância entre os setores, retrabalho, tarefas interrompidas e filas no caminho crítico. Na sequência, com base nos princípios enxutos, foram propostas soluções para a eliminação dos desperdícios identificados e foi elaborado um mapa do estado futuro. Eles obtiveram um aumento na taxa de agregação de valor e na eficiência, enquanto o *lead time* sofreu uma diminuição. Esses resultados mostram que o LT pode trazer grandes benefícios se aplicado ao PDP.

Tarallo e Forcellini (2007) fizeram um estudo de caso em uma grande empresa multinacional, aplicando o mapeamento do fluxo de valor na atividade “teste de campo” do modelo de processo de desenvolvimento de produto utilizado pela empresa. Esta atividade envolve a avaliação do produto, ainda em desenvolvimento, na casa de consumidores, sob condições reais de uso, do ponto de vista técnico e comercial, a fim de confirmar seu desempenho. Foi desenhado o mapa de fluxo de valor do estado atual e, na sequência, o mapa de fluxo de valor do estado futuro, contemplando uma série de melhorias a partir dos problemas identificados no estudo de caso. Foram obtidas redução de *lead time* e de custos muito significativos, indicando, pelo menos neste caso, que o LT se aplica muito bem ao PDP.

Em um estudo de caso em uma empresa de grande porte, do setor eletro eletrônico, Dal Forno et al. (2008) mostram que, devido ao atual cenário competitivo, a empresa começou a repensar a maneira de gerenciar seu PDP. Na busca por soluções para aprimorar este processo, a empresa, que possui uma estrutura de manufatura e logística alinhada com os princípios *lean*, optou por implementar princípios enxutos no PDP, mais especificamente na fase de Projeto Conceitual. Além da competitividade do mercado e das empresas possuírem menos tempo e mais restrições orçamentárias para realizarem seus projetos, outro fator contribuiu para a implementação dos princípios enxutos no PDP. A necessidade do projeto se enquadrar em um programa de fomento à inovação do Governo Federal Brasileiro, para usufruir do benefício do subsídio financeiro. As dificuldades citadas, que levaram a empresa a pensar em um PDP enxuto, eram potencializadas pelo distanciamento geográfico da equipe e seu gerenciamento virtual em estados de diferentes regiões do Brasil. O primeiro passo foi elaborar um Mapeamento do Fluxo Valor. Após realizar um diagnóstico para identificar os desperdícios e reduzi-los, uma nova representação do PDP foi elaborada. Com isso, foi possível um aumento na eficiência do processo, eliminando desperdícios que foram encontrados com o uso do mapeamento de fluxo de valor e uma redução do tempo de projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLÉ, F. BALLÉ, M. Lean development (Toyota's product development process). **Business Strategy Review**, v.16, Issue 3, p.17-22, 2005.

BAUCH, C. **Lean Product Development: Making waste transparent**. Munich, 2004. 140 p. Tese (Doutorado) – Technical University of Munich. OU BAUCH, C. **Lean Product Development: Making Waste Transparent**. Thesis (Doctorate) – Massachusetts Institute of Technology; Cambridge. 2004.

BJARNOE, O. C. **Lean thinking in product development**. European Productivity Conference, p. 44-46, 2006.

CAGLIANO, R.; CANIATA, F.; SPINA, G. Lean, agile and traditional supply: how do they impact manufacturing performance? **Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 10, p. 151-64, 2004.

CARVALHO, J.L.M.; TOLEDO, J.C. The challenge of integrating applied research and product development process: cases study. **Product: Management & Development**, v. 16, n.2, p. 173-182, 2008.

CORMICAN, K.; O'SULLIVAN, D. Auditing best practice for effective product innovation management. **Technovation**, v.24, p. 819-829, 2004.

COYLE, J.J.; BARDI, E.J.; LANGLEY, C.J. Jr **Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective**, 7th ed., South-Western Thompson Learning, Mason, OH, 2003.

CUSUMANO, M.A. The limits of 'Lean'. **Sloan Management Review**, v. 35, n. 4, p. 27-32, 1994.

CUSUMANO, M.A.; NOBEOKA, K. **Thinking beyond lean: how multi-project management is transforming product development at Toyota and others companies**. New York: Free Pass, 1998. 248p.

DOLL, W.J.; HONG, P.; NAHM, A. Antecedents and outcomes of manufacturability in integrated product development. **International Journal of Operations e Production Management**, v.30, n.8, p.821-852, 2010.

HARRISON, A.; STOREY, J. New wave manufacturing strategies: operational, organizational and human dimensions. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 1-2, p. 63-76, 1996.

HERRON, C.; BRAIDEN, P. M. A methodology for developing sustainable quantifiable productivity improvement in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, v. 104, n. 1, p. 143-53, 2006.

HINES, P.; FRANCIS, M.; FOUND, P. Towards lean product lifecycle management: a framework for new product development. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n.7, p. 866- 887, 2006.

HINES, P.; FOUND, P.; GRIFFITHS, G.; HARRISON, R. **Staying Lean: Thriving, Not Just Surviving**, Innovative Manufacturing Research Centre, Cardiff University, Cardiff, 2008.

KARLSSON, C.; ÅLHSTRÖM, P. The Difficult Path to Lean Product Development. **Journal of Product Innovation Management**, Vol. 13, pp. 2830-295, 1996.

KENNEDY, M. N. **Product development for the lean enterprise**. Richmond: Oaklea Press, 2003.

KINCADE, D. H.; REGAN, C.; GIBSON, F. Y. Concurrent engineering for product development in mass customization for the apparel industry. **International Journal of Operations & Production Management**, v.27, n.6, 2007, p. 627-649.

KIPPENBERGER, T. Lean production in an international supply chain. **The Antidote**, v. 2, n. 5, p. 17-18, 1997.

LEWIS, M. A. Lean production and sustainable competitive advantage. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 8, p. 959-78, 2000.

LIKER, J. **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. McGraw-Hill. New York, 2004.

LIKER, J.; MEIER, D. **The Toyota Way Fieldbook**. New York: McGraw-Hill, 2005.

LIN, Z.; HUI, C. Should lean replace mass organisation systems? A comparative examination from a management coordination perspective. **Journal of International Business Studies**, v. 30, n. 1, p. 45-80, 1999.

LOCHER, D. A. **Value Stream Mapping for Lean Development** – a how-to guide for streamlining time to market. Estados Unidos: CRC Press: 2008.

LOVRO, A. **Introdução ao desenvolvimento Lean de produtos**. Lean Summit 2008. Lean Institute Brasil, São Paulo/SP, 2008.

LUCATO, W. C.; MAESTRELLI, N. C.; VIEIRA JÚNIOR, M. Determinação do grau de enxugamento de uma empresa: uma proposta conceitual. **Revista de Ciência & Tecnologia**, Campinas-SP, v. 12, n. 24, p.25-38, 2006.

LUCEY, J.; BATEMAN, N.; HINES, P. Why major lean transformations have not been sustained. **Management Services Journal**, v. 49, n. 2, p. 9-13, 2005.

MADHAVARAN, S.; APPAN, R. Developing complex, business-to-business products: issues and implications. **Management Search Review**, v.33, n.7, 2010, p. 715-733.

MANN, D. **Creating a lean culture: tools to sustain lean conversion**. New York: Productivity Press, 2005.

MARKSBERRY, P. et al. Management directed kaizen: Toyota's Jishuken process for management development. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 21, n. 6, 2010, p. 670-686.

MASCITELLI, R. **The lean design guidebook**: everything your product development team needs to slash manufacturing cost. Northridge: Technology Perspectives, 2004.

McIVOR, R. Lean supply: the design and cost reduction dimensions. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, p. 227-242, 2001.

McMANUS, H. L. **Product development value stream analysis and mapping manual (PDVSM)** – The Lean Aerospace Initiative, Center for Technology, Policy, and Industrial Development. Cambridge, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2005, 116 p.

MOLS, N. P. How does concurrent sourcing affect performance? **Journal of Business e Industrial Marketing**, v.25, n.7, 2010, p. 525-534.

MORGAN, J. M. **High performance product development: a systems approach to a lean product development process**. Thesis (Phd) in industrial and operations engineering. The University of Michigan: 2002.

MORGAN, J.; LIKER, J. K. **Toyota's Product Development System**: Integrating People, Process and Technology. New York: Productivity Press, 2006.

MOYANO-FUENTES, J.; SACRISTÁN-DÍAZ, M. Learning on lean: a review of thinking and research. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 32, n. 5, p. 551-582, 2012.

MUENSTERMANN, B.; VON STETTEN, A.; LAUMER, S.; ECKHARDT, A. The performance impact of business process standardization: HR case study insights. **Management Research Review**, v.33, n.9, p. 924-939, 2010.

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

NIEPCE, W.; MOLLEMAN, E. Characteristics of work organization in lean production and sociotechnical systems: a case study. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 2, p. 77-90, 1996.

PARRY, G.; TUNER, C. E. Application of lean visual process management tools. **Production Planning and Control**, v. 17, n. 1, p. 77-86, 2006.

PESSÔA, M. V. P.; LOUREIRO, G.; ALVES, J. M. An approach to lean development planning. **Complex systems concurrent engineering**, part 4, p.229-237, 2007.

RAHMAN, S.; LAOSIRIHONGTHONG, T.; SOHAL, A. S. Impact of lean strategy on operational performance: a study of Thai manufacturing companies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 21, n. 7, p. 839-852, 2010.

REINERTSEN, D. Let It Flow: how lean product development sparked a revolution. **Industrial Engineering**, p. 41-45, 2005.

RICH, N.; BATEMAN, N.; ESAIN, A.; MASSEY, L.; SAMUEL, D. **Lean Evolution: Lessons from the Workplace**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

ROTHER, M. **Toyota Kata: gerenciando pessoas para Melhoria, Adaptabilidade e Resultados Excepcionais**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J.A. The integration of Six Sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p. 249-274, 2010.

SALGADO, E. G.; MELLO, C. H. P.; SILVA, C. E. S.; OLIVEIRA, E. S.; ALMEIDA, D. A. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produto. **Gestão da Produção**, v. 16, n. 3, p. 344-356, 2009.

SCHÄFER, H.; SORENSEN, D. J. Creating options while designing prototypes: value management in the automobile industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.21, n.6, p. 721-742, 2010.

SCHURING, R. W. Operational autonomy explains the value of group work in both lean and reflective production. **International Journal of Operation & Production Management**, v. 16, n. 2, p. 171-82, 1996.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles and performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, p. 129-49, 2003.

SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 785-805, 2007.

SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint**. [S.l.]: Productivity Press, 1981.

SOBEK, D.K. II; WARD, A.C.; LIKER, J.K. Toyota's principles of set-based concurrent engineering. **Sloan Management Review**, v. 40, n. 2, p. 67-83, 1999.

SORIANO-MEIER, H.; FORRESTER, P.L. A model for evaluate the degree of the leanness of manufacturing firms. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 13, n. 2, p. 104-9, 2002.

SPEAR, S.; BOWEN, H.K. Decoding the DNA of the Toyota production system. **Harvard Business Review**, v. 77, n. 5, p. 97-106, 1999.

TARALLO, F. B; FORCELLINI, F. A. **Mapeamento de fluxo de valor em atividades inerentes ao processo de desenvolvimento de produto (PDP): um estudo de caso**. XIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2007.

TAPPING, D.; SHUKER, T. **Value Stream Management for the Lean Office**. Productivity Press, New Your, New York, United States, 2003.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 600 p.

TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; MENDES, G. H. S.; JUGEND, D. Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, p. 117-134, 2008.

WAAL, A.A.; COUNET, H. Lessons learned from performance management systems implementations. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.58, n.4, p. 367-390, 2009.

WANG, J.; KLEINER, B. H. The evolution of R&D Management. **Management Research News**, v.28, n.11/12, p. 88-95, 2005.

WARD, A. C. **Lean Product and Process Development**. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2007. 208p.

WARD, A. C.; LIKER, J. K.; CRISTIANO, J. J.; SOBEK II, D. K. The second Toyota paradox: how delaying decisions can make better cars faster. **Sloan Management Review**, v. 36, n. 3, p. 43-61, 1995.

WEE, H. M.; WU, S. Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company. **Supply Chain Management: an International Journal**, v. 14, n.5, p. 335-341, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, J.; JONES, D. – **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. Editora Campus, ed 5, Rio de Janeiro, 2004.

XU, L.; BEAMON, B.N. Supply chain coordination and cooperation mechanisms: an attribute-based approach. **Journal of Supply Chain Management**, v. 42, n. 1, p. 4-12, 2006.

ZAYKO, M.J.; BROUGHMAN, D.J.; HANCOCK, W.M. Lean manufacturing yields world-class improvements for small manufacturer. **IIE Solutions**, v. 29, n. 4, p. 36-40, 1997.