



# Aplicação da abordagem *lean* no processo de desenvolvimento de produto: um *survey* em empresas industriais brasileiras

*Application of lean approach in the product development process: a survey on Brazilian industrial companies*

Larissa Maria Prisco Pinheiro<sup>1</sup>  
José Carlos de Toledo<sup>1</sup>

**Resumo:** De acordo com a literatura da área, os princípios enxutos não devem somente ser aplicados na manufatura, mas também se estender para outros processos, principalmente aos mais a montante na cadeia de produção, como é o caso do processo de desenvolvimento de produto (PDP), o qual possui grandes oportunidades para a aplicação desses princípios. É importante que o produto seja desenvolvido com base nos princípios enxutos, para que possíveis desperdícios provenientes do PDP sejam evitados no momento da manufatura. O desenvolvimento de produto enxuto consiste em aplicar no PDP tanto os princípios enxutos, aprendidos em *Lean Manufacturing* (LM), quanto as práticas enxutas específicas para o desenvolvimento de produtos. Este artigo objetiva investigar se empresas industriais brasileiras, com o LM considerado consolidado, transferem os princípios e práticas enxutos para o PDP. Os dados foram obtidos por meio de uma pesquisa *survey*, com uma amostra de 47 empresas industriais brasileiras. Além de análise descritiva, também foi realizada uma análise de *Cluster*, considerando o grau de aplicação das práticas e princípios enxutos no PDP. A análise dos resultados evidencia que a maioria das empresas transferiu os princípios enxutos aprendidos com o LM para o PDP, mas ainda não consegue aplicar, em mesmo grau, as práticas enxutas no PDP. Por outro lado, 15% das empresas da amostra, apesar de terem consolidado o LM e terem um processo de desenvolvimento considerado crítico para o negócio, não estenderam os princípios e nem as práticas enxutas para o PDP.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de produto enxuto; Princípios enxutos; Práticas enxutas; *Lean Development*.

**Abstract:** According to the literature, lean principles should be applied not only in manufacturing, but should also be extended to other processes, especially to those more upstream along the production chain, such as the product development process (PDP), which presents great opportunities for the application of these principles. It is important that the product be developed based on lean principles, so that potential wastes from the product development process are avoided in manufacture. Lean development consists in trying to apply both the lean principles learned in Lean Manufacturing (LM) and the specific lean practices for product development. This paper aims to investigate whether Brazilian companies with well-established Lean Manufacturing transfer the lean principles and practices to the product development process. Data were obtained through a survey conducted in 47 industrial Brazilian companies. In addition to descriptive analysis, an analysis of Cluster was performed considering the degree of implementation of the lean practices and principles in the PDP. The results of these analyses show that most companies transfer lean principles learned from the LM to the PDP, but they still cannot apply lean practices in the PDP to the same degree. In contrast, although 15% of the sampled companies have consolidated the LM and present a development process considered critical to the business, they extended neither the lean principles nor the lean practices to the PDP.

**Keywords:** Product development process; Lean principles; Lean practices; Lean Development.

## 1 Introdução e justificativa

Os princípios da produção enxuta, ou *Lean Manufacturing* (LM), foram desenvolvidos na década de 1960 pela Toyota como uma evolução do conceito de produção integrada e da estruturação das práticas de produção que eram adotadas nas fábricas da

Toyota. Essa filosofia e abordagem de gestão foram sintetizadas em cinco princípios: valor, fluxo de valor, fluxo, produção puxada e perfeição (Liker, 2004).

Esses princípios estão associados com a busca de superação dos sete tipos básicos de desperdícios

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil, e-mail: larissaguiga@yahoo.com.br; toledo@dep.ufscar.br

Recebido em Mar. 11, 2014 - Aceito em Set. 22, 2015

Suporte financeiro: Nenhum.

apontados como crônicos pelo Sistema Toyota de Produção: espera, superprodução, transporte, defeitos, inventário, movimentação e processamento desnecessário.

Womack & Jones (1996) ampliaram o escopo de compreensão dos princípios enxutos, enfatizando que eles se aplicariam a toda a empresa, devendo ser estendidos para o processo de desenvolvimento de produtos (PDP). Uma pesquisa comparativa realizada por Morgan (2002), na indústria automobilística mundial, sugere que o desempenho no desenvolvimento de produtos pode ser beneficiado pelas mesmas ferramentas e métodos enxutos que dirigiram o renascimento da manufatura norte-americana.

A aplicação da abordagem *lean* apenas nos processos fabris restringiria a obtenção dos seus benefícios potenciais, visto que a constante busca pela eliminação dos desperdícios passou a ser papel não apenas da manufatura, sendo responsabilidade de diversas áreas da organização, principalmente a de projetos de produtos, já que o seu resultado impacta diretamente o processo produtivo e o desempenho do produto e do processo. Dessa forma, a abordagem *lean* poderá ser aplicada ao processo de desenvolvimento de produtos, objetivando a ampliação dos benefícios obtidos com a aplicação de seus princípios nos processos de produção, por meio da geração de produtos que agregam valor para o cliente com baixos índices de desperdícios (Morgan & Liker, 2006).

Estudos sobre a implantação e os resultados obtidos pelo *Lean Manufacturing* já são amplamente divulgados na literatura, nacional e internacional (Sánchez & Pérez, 2001; Rahman et al., 2010; Veiga et al., 2011; Meiling et al., 2012), mas pouco foi reportado a respeito da implantação e dos resultados obtidos pelo processo de desenvolvimento de produto enxuto, ou *Lean Development* (LD). No Brasil, são raros os trabalhos relacionados especificamente ao tema *Lean Development*, sendo mais comum encontrar publicações que tratam da aplicação dos princípios enxutos na manufatura e em processos administrativos.

Publicações identificadas em levantamento bibliográfico sobre *Lean Development* (Oppenheim, 2004; Hines et al., 2006; Possamai & Ceryno, 2008; Dal Forno et al., 2008; Pessoa et al., 2008; Salgado et al., 2009; Dal Forno & Forcellini, 2012), em sua maioria, tratam do tema de forma genérica, focando os conceitos e ferramentas, e há pouca informação sobre as aplicações e, principalmente, sobre os resultados que essa aplicação está gerando para a empresa. Alguns trabalhos (Dal Forno et al., 2008; Salgado et al., 2009) tratam especificamente da investigação de como um princípio ou uma determinada ferramenta do *Lean Development* estão sendo implantados, isoladamente, e qual resultado isso traz para a empresa.

Com base na literatura da área, que apresenta argumentos de que os princípios *lean* não devem ser aplicados somente na manufatura, mas em todas as áreas da organização, dentre elas, no processo de desenvolvimento de produto, cujos resultados impactam diretamente o processo produtivo e o desempenho do produto e do processo, surge a preocupação em saber se, e em que grau, empresas brasileiras com estratégias consolidadas de *Lean Manufacturing* estão considerando essa possibilidade. Ainda, a literatura sugere que o processo de desenvolvimento de produtos teria um impacto maior sobre a empresa *lean* do que a própria produção *lean*. Assim, merece destaque investigar quais princípios e ferramentas essas empresas estão utilizando e se já percebem resultados concretos advindos da aplicação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produto.

Diante desse cenário, este artigo está pautado em discutir informações a respeito da implantação de conceitos *Lean* no processo de desenvolvimento de produtos, conhecendo e identificando se e como, ou seja, com a utilização de quais práticas e ferramentas, empresas brasileiras que adotam o LM há pelo menos 5 anos, ou seja, que em princípio possuíam os princípios enxutos mais consolidados na manufatura, estão implantando e/ou difundindo esses princípios e práticas no PDP. Complementarmente, tem-se como objetivo agrupar as empresas de acordo com as proximidades e afinidades dos princípios e práticas que estão sendo adotados na implantação do desenvolvimento de produto enxuto.

Para isso, foram obtidos dados sobre o uso de princípios e ferramentas *lean* no PDP de uma amostra de empresas industriais brasileiras consideradas inovadoras, com desenvolvimento de produto ativo no país e que possuem o *Lean Manufacturing* implantado ou em implantação há pelo menos cinco anos.

A pesquisa de campo foi conduzida por meio de um levantamento tipo *survey*, aplicando um questionário junto a uma população identificada e acessível de 73 empresas, obtendo-se uma amostra de 47 questionários respondidos adequadamente.

O tópico 2 do artigo apresenta o referencial teórico sobre o desenvolvimento de produto enxuto, bem como seus princípios e ferramentas. O terceiro tópico apresenta a descrição do método e das variáveis de pesquisa e, também, das unidades de análise. Os resultados e análises dos dados são apresentados no tópico 4 e, por fim, o tópico 5 traz as considerações finais.

## 2 Desenvolvimento de produto enxuto

Uma abordagem enxuta para o desenvolvimento de produtos é um ativo valioso e sua base é a importância da integração apropriada de pessoas, processos, ferramentas e tecnologias, para agregar valor ao consumidor e à sociedade (Morgan & Liker, 2006).

A estratégia por trás do desenvolvimento de produto enxuto é consolidar uma forte capacidade de reatividade às demandas do mercado e de posicionamento competitivo da empresa como líder em seu segmento de atuação (Liker & Morgan, 2006; Reinertsen, 2005).

Existem mais oportunidades para obter vantagem competitiva no desenvolvimento de produto do que em qualquer outro departamento ou área das empresas industriais (Morgan & Liker, 2006; Sousa Mendes & Toledo, 2015; Toledo et al., 2008). Dois fatores sustentam essa premissa. Em primeiro lugar, ao passo que a lacuna relativa ao desempenho em produção diminui, a diferença entre o melhor desempenho e o restante dos concorrentes, em relação ao desenvolvimento de produtos, tende a aumentar. Além disso, os níveis atuais de eficiência em manufatura pressagiam que um foco na produção terá retornos decrescentes no futuro. Em segundo lugar, ainda que um forte sistema de produção possa influir na qualidade e produtividade, a capacidade de influir sobre o valor definido pelo consumidor é muito maior nas fases iniciais do processo de desenvolvimento de produto e diminui à medida que o desenvolvimento se aproxima da etapa de lançamento do novo produto. Além disso, a área de produção, comparada ao desenvolvimento de produto, exerce pouca influência sobre a seleção inicial de fornecedores. Na indústria automotiva, por exemplo, cerca de 60% dos componentes são produzidos por fornecedores e essa é uma tendência para outras indústrias montadoras. Com isso, a contribuição do fornecedor para a engenharia e a produção e, conseqüentemente, a escolha adequada do fornecedor, possui um significativo impacto sobre o custo e a qualidade totais.

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

Ferramentas adaptadas do *Lean Manufacturing* como Kaizen, 5S, mapeamento de processos e outras ferramentas básicas da qualidade, podem ser utilizadas desde que sejam adaptadas para o PDP. Por exemplo, no caso do 5S, a ideia é focar a eliminação de informações indesejadas ao invés, por exemplo, da limpeza do ambiente de produção (Womack & Jones, 1996). 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 e a integração necessária. 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 (Liker & Morgan, 2006; Reinertsen, 2005).

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 PDP. Os autores elaboraram uma síntese, apresentada no Quadro 1, 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 sugerido como uma ferramenta útil na identificação de todos os desperdícios do PDP.

Algumas práticas utilizadas para alcançar os objetivos do desenvolvimento de produto enxuto são: engenharia simultânea baseada em conjuntos de possíveis soluções (ESBC), envolvimento dos fornecedores e dos clientes o mais antecipado possível, gestão visual, trabalho em grupo e times multifuncionais (Karlsson & Ålhström, 1996). Padronizar o PDP, reduzir o tamanho de lotes de relatórios transmitidos de um estágio para outro e eleger um líder de projeto forte, que represente o cliente e seja capaz de efetivar sua capacidade, são fatores que tornam o fluxo do processo mais rápido (Kristofferson & Lindeberg, 2006).

Cusumano & Nobeoka (1998) afirmam que o foco do desenvolvimento de produto enxuto 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 desenvolvimento de produto enxuto, 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 prática 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).

## 2.1 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 o processo de fabricação, ou seja, um tipo de codesenvolvimento. Salienta, ainda, a necessidade de que o novo produto deve procurar preferencialmente usar materiais do inventário atual da fábrica, a mesma base de fornecedores, poucos componentes e/ou montagens, fluxo de processo

**Quadro 1.** Aplicação das ferramentas da manufatura enxuta nos desperdícios do PDP.

<b>Desperdício do processo de desenvolvimento de produto</b>	<b>Ferramentas enxutas aplicáveis</b>
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
Superprodução	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

Fonte: Salgado et al. (2009).

semelhante aos existentes e que permita pequenos lotes, bem como tolerâncias conforme as capacidades atuais do processo. 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: Retire qualquer item de desperdício e custo redundante ou desnecessário, para revelar uma solução ótima de produto;
- Princípio 4: Ouça a voz do cliente frequente 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.

## 2.2 Práticas enxutas do desenvolvimento de produto

Dal Forno et al. (2008) apresentam uma compilação das principais práticas enxutas do desenvolvimento de produtos mencionadas na literatura:



- Mapeamento do Fluxo de Valor: visa desenvolver um retrato do estado atual para visualizar alguns desperdícios e calcular o *lead time*. A seguir, 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);
- ESBC: na engenharia simultânea baseada em conjuntos de possíveis 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 (Schäfer & Sorensen, 2010; Madhavaram & Appan, 2010).

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. De acordo com Kennedy (2003), 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. 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.

### 3 Método de pesquisa

A fim de atingir o objetivo, um questionário estruturado foi elaborado e utilizado para aplicação do *survey*, a fim de avaliar objetiva e sistematicamente as respostas e permitir maior agilidade para a avaliação dos resultados. Tanto perguntas abertas quanto fechadas foram utilizadas no questionário. Para as

perguntas fechadas, foi utilizada a escala Likert, variando de 1 a 5.

Inicialmente, foi realizado um pré-teste, ou teste-piloto, do questionário em cinco empresas, sendo, cada uma, dos seguintes setores industriais: linha branca, aeronáutico, alimentos, bens de consumo e químico. Tais empresas possuem tanto o LM aplicado há mais de cinco anos quanto o desenvolvimento de produto na própria unidade. Essa informação foi conseguida por meio de contato direto dos pesquisadores com as empresas.

O pré-teste foi aplicado de maneira presencial nas cinco empresas com o gerente ou coordenador da área de desenvolvimento de produto. Com isso, verificou-se se o questionário estava adequado para fornecer dados relevantes, para que o objetivo da pesquisa fosse atingido. Depois do pré-teste o questionário foi refinado, mais especificamente em termos das opções de respostas disponíveis para as questões fechadas, a fim de evitar dúvidas por parte do entrevistado no momento de responder essas questões.

O questionário foi enviado por correio eletrônico (*e-mail*) para as mesmas cinco empresas que realizaram o pré-teste, a fim de obter o grau preliminar de confiabilidade do questionário de pesquisa por meio do fator Alpha de Cronbach, o qual foi calculado por meio do *software* XLSTAT versão 7.5.2. De acordo com Hair et al. (2006), o questionário bem como a métrica utilizada são adequados, uma vez que o valor do Alpha de Cronbach é superior a 0,7. O valor calculado para o Alpha de Cronbach foi de 0,955, indicando que os respondentes compreenderam as questões e as respostas do questionário tenderam a ter consistência e coerência interna, validando-o como instrumento dessa pesquisa.

### 3.1 Variáveis de pesquisa

As variáveis de pesquisa utilizadas para elaborar as questões contidas no questionário, e que foram utilizadas na análise dos resultados, foram determinadas a partir da literatura sobre os princípios e práticas do *Lean Development*. Com isso, a análise dos resultados obtidos a partir dessas variáveis permite que os resultados sejam avaliados em termos dos princípios e práticas de desenvolvimento de produto enxuto utilizados pelas empresas analisadas.

Antes de testar a relação existente entre os diferentes tipos de variáveis identificadas, Forza (2002) afirma que é necessário traduzi-las em elementos operacionais observáveis e/ou passíveis de medição, isto é, realizar a operacionalização dos constructos, por meio da apresentação de elementos que serão tomados como base de observação para análise de cada constructo. Para isso, as variáveis foram desdobradas em um conjunto de elementos que pudessem transcrever, ou ilustrar mais claramente, essas variáveis no questionário estruturado. Cada variável pode estar

direta ou indiretamente relacionada a uma ou mais questões do questionário, por meio de seus elementos.

As variáveis de pesquisa, seus respectivos elementos (desdobramentos) e as questões do questionário nas quais estão contidas são apresentados no Quadro 2.

### 3.2 Unidades de análise

As unidades de análise são empresas que estão inseridas na população de empresas industriais brasileiras que possuem o *Lean Manufacturing* implantado, ou em fase de implantação, há pelo menos cinco anos e que realizam no país atividades de desenvolvimento de produto e inovação. Esses foram os critérios utilizados na busca que gerou a população alvo da qual se extraiu a amostra pesquisada.

A escolha por unidades de análise que possuem o *Lean Manufacturing* deu-se pelo fato de que estas já devem ser detentoras dos conceitos enxutos e, por este fato, podem estar buscando aplicar tais conceitos em outras áreas da organização, por exemplo, no processo de desenvolvimento de produto. Além disso, se a empresa possui um nível de desempenho evoluído em *Lean Manufacturing*, é de se esperar que ela busque aplicar tais conceitos no desenvolvimento de produto, o qual é um processo que antecede a produção e, por isso, a empresa poderia melhorar ainda mais o desempenho da produção, caso possuía, também, os conceitos enxutos implantados no PDP.

As empresas acessadas para aplicação do questionário foram selecionadas por meio de três fontes: *Ranking* anual das empresas mais inovadoras do país, realizada pela *Época Negócios* (anos de 2010, 2011 e 2012); Pesquisa das 50 empresas mais inovadoras do mundo, realizada pelo *Boston Consulting Group*; e Lista das 100 empresas mais inovadoras do mundo, segundo a revista *Forbes*. Em relação às duas últimas fontes,

somente as empresas que possuem planta no Brasil foram consideradas. De modo geral, os critérios usados por essas publicações para considerar se uma empresa é inovadora contemplam o número de patentes obtidas e depositadas, número ou porcentagem de novos produtos que são lançados anualmente e participação de novos produtos no faturamento global da empresa.

A informação sobre se a empresa possuía um programa de *Lean Manufacturing* há pelo menos 5 anos não foi possível de ser obtida antecipadamente. Mas, era esperado que as empresas com o perfil de maiores inovadoras e com PDP ativo no país tivessem implantado um programa de LM, ou equivalente, e há alguns anos. Essa foi uma das primeiras perguntas do questionário e foi um limitante para a empresa fazer parte da amostra e continuar a responder ao questionário.

A seleção, de acordo com as fontes utilizadas, resultou em uma população identificada de 73 empresas, para as quais o questionário foi submetido, sendo que 68,5% dessas empresas, ou seja, 50 empresas retornaram o questionário completamente respondido. Dentre as 50 empresas respondentes, 3 foram eliminadas das análises por não apresentarem o *Lean Manufacturing* implantado há pelo menos 5 anos. Com isso, um total de 47 empresas, ou 64,4% das empresas que receberam o questionário, foi utilizado para o tratamento dos dados e análises estatísticas. A Tabela 1 apresenta os mercados de atuação das empresas que compõem a amostra.

## 4 Resultados e análises

### 4.1 Análise descritiva das empresas pesquisadas

Esta seção apresenta a caracterização descritiva das 47 empresas pesquisadas.

**Quadro 2.** Variáveis de pesquisa (e autores de referência), seus respectivos elementos e questões do questionário nas quais estão contidas.

Variável (V)	Elementos	Questões do questionário
V 1: Ferramentas do <i>Lean Development</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação do mapeamento do fluxo de valor no PDP (Womack &amp; Jones, 2004)</li> <li>- Utilização da ESBC (Sobek et al., 1999; Kennedy, 2003)</li> <li>- Gestão visual do andamento dos projetos (Morgan &amp; Liker, 2006)</li> </ul>	1, 2, 3, 4, 5, 8 e 9
V 2: Princípios do <i>Lean Development</i> (Morgan & Liker, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação dos conceitos enxutos no PDP</li> <li>- Existência de equipes de projeto dedicadas</li> <li>- Existência de um líder de projeto/engenheiro chefe com grande experiência na área de projeto</li> <li>- Desenvolvimento das capacidades técnicas dos engenheiros de desenvolvimento</li> <li>- Envolvimento da alta administração em todas as etapas do PDP</li> <li>- Reutilização do conhecimento existente</li> <li>- Integração entre as áreas de PDP e manufatura</li> </ul>	6, 7, 10, 11 e 12

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 1.** Mercado de atuação das empresas da amostra.

Mercado de Atuação	Quantidade de Empresas
Automotivo	12
Bens de consumo	9
Metalúrgico	7
Químico	7
Alimentício	6
Higiene e saúde	3
Siderúrgico	2
Aeronáutico	1
Total	47

Fonte: Elaborada pelos autores.

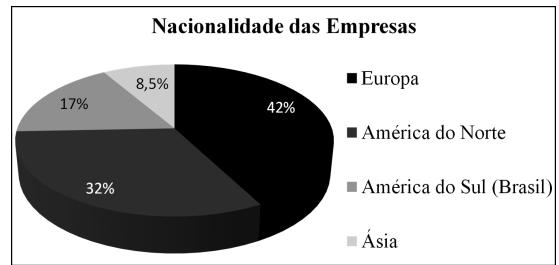
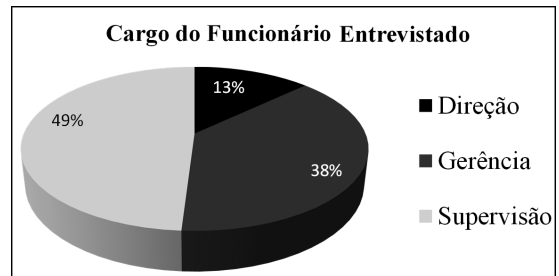
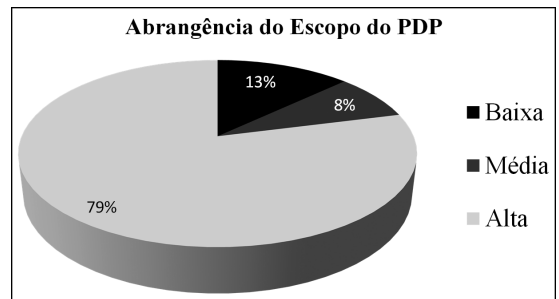
Adotando-se o critério para classificação do porte das empresas, proposto pelo IBGE, que leva em consideração o número de funcionários, observou-se que 87% da amostra é constituída por empresas (considerando o porte da unidade entrevistada) de grande porte e 13% restantes são de médio porte.

Em relação à nacionalidade das empresas pesquisadas, o Gráfico 1 apresenta a distribuição das empresas de acordo com seu continente de origem. A maior parte das empresas é de origem europeia. Em seguida aparecem as empresas com nacionalidade da América do Norte, América do Sul e Ásia.

A área de atuação dos profissionais entrevistados foi a área de desenvolvimento de produto, uma vez que o objetivo deste artigo está pautado na implantação dos conceitos enxutos no processo de desenvolvimento de produto. Uma vez que o estudo de fatores contextuais da organização exige que o entrevistado possua uma visão mais aprofundada tanto do microprocesso de atuação quanto do macroprocesso no qual se insere e, também, da organização como um todo, os questionários foram enviados aos cuidados do responsável pelo PDP. O Gráfico 2 mostra a distribuição de cargos dos profissionais que responderam ao questionário.

Em relação ao grau de importância que o PDP possui dentro da estratégia de competitividade da empresa, todos os respondentes consideram que o desenvolvimento de produto tem um alto grau de importância na estratégia competitiva da empresa. É de se esperar que empresas que possuem esse alto grau tenham mais interesse estratégico em alocar recursos no PDP, buscando eficácia e eficiência desses investimentos, podendo, assim, estar mais avançadas no nível de implantação dos conceitos enxutos no PDP.

Também é de se esperar que empresas que possuam uma maior abrangência do escopo do PDP tenham maior interesse na melhor alocação de recursos a esse processo. O Gráfico 3 apresenta a abrangência do escopo do PDP das empresas avaliadas. Para a classificação da abrangência do escopo do PDP, foi utilizada a seguinte escala:

**Gráfico 1.** Distribuição das empresas pesquisadas de acordo com a nacionalidade.**Gráfico 2.** Área de atuação dos funcionários entrevistados.**Gráfico 3.** Abrangência do escopo do PDP nas empresas pesquisadas.

- Baixa - somente pequenas alterações/adequações em produtos existentes;
- Média - pequenas e grandes alterações/adequações em produtos existentes;
- Alta - pequenas e grandes alterações/adequações em produtos existentes, além do desenvolvimento de novos produtos e/ou tecnologias.

Aproximadamente 80% das empresas da amostra possuem uma alta abrangência do escopo do PDP, o que faz sentido se comparado ao fato de que todas possuem a área de desenvolvimento de produto na planta entrevistada e, também, consideram que o PDP possui um alto grau de importância na estratégia competitiva da empresa.

## 4.2 Análise descritiva em relação à aplicação do *Lean Development*

A Tabela 2 mostra as informações referentes à frequência das notas atribuídas às variáveis de pesquisa (questões) relativas à presença do *Lean Development* na planta do entrevistado, bem como suas respectivas médias e desvios padrões.

Pode-se observar que a média geral das variáveis em relação ao *Lean Development* na planta do

entrevistado, é 3,13, o que indica que o *Lean Development* é percebido como aplicado “algumas vezes” nas empresas pesquisadas. Nenhuma questão apresentou resposta com média (considerando toda a amostra) igual ou superior a 4. Todas essas questões, bem como a escala de avaliação utilizada, estão apresentadas na Tabela 2.

As respostas que indicaram menor intensidade média de presença nas empresas foram para as

**Tabela 2.** Análise descritiva em relação ao *Lean Development*.

Questão	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão
	Nunca	Na minoria das vezes	Algumas vezes	Na maioria das vezes	Sempre		
Frequência de Respostas (%)							
<i>Lean Development</i> na planta do entrevistado							
1	17,0	10,6	53,2	17,0	2,1	2,77	0,99
2	19,1	44,7	27,7	6,4	2,1	2,28	0,92
3	19,1	44,7	29,8	6,4	0,0	2,23	0,83
4	2,1	76,6	12,8	2,1	6,4	2,34	0,83
5	29,8	55,3	4,3	8,5	2,1	1,98	0,93
6	2,1	4,3	25,5	55,3	12,8	3,72	0,82
7	0,0	6,4	44,7	40,4	8,5	3,51	0,74
8	14,9	0,0	12,8	46,8	25,5	3,68	1,27

Fonte: Elaborada pelos autores.



Tabela 2. Continuação...

Questão	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão	
	Nunca	Na minoria das vezes	Algumas vezes	Na maioria das vezes	Sempre			
Frequência de Respostas (%)								
9	Os dados disponibilizados de maneira clara e visual para a equipe de projeto, descritos na questão anterior, são constantemente atualizados?	17,0	2,1	25,5	36,2	19,1	3,38	1,30
10	A alta administração da planta é envolvida em todas as etapas do processo de desenvolvimento de produto?	2,1	10,6	6,4	61,7	19,1	3,85	0,92
11	As pessoas que adquirem conhecimento técnico específico ao desenvolver um projeto são alocadas no desenvolvimento de novos projetos que utilizarão o mesmo conhecimento?	2,1	4,3	25,5	44,7	23,4	3,83	0,91
12	A integração entre as áreas de manufatura e desenvolvimento de produto é alta?	0,0	0,0	10,6	83,0	6,4	3,96	0,41
Média Geral		10,5	21,6	23,2	34,0	10,6	3,13	0,91

Fonte: Elaborada pelos autores.

questões 1, 2, 3, 4 e 5, com médias de 2,77, 2,28, 2,23, 2,34 e 1,98, respectivamente, todas referentes ao uso de ferramentas enxutas de desenvolvimento de produto (mapeamento de fluxo de valor e engenharia simultânea baseada em conjuntos de possíveis soluções). No entanto, algumas questões relacionadas aos princípios enxutos apresentaram médias superiores a 3,50, tais como as questões 6, 7, 8, 10, 11 e 12, indicando maior proximidade da alternativa “aplica na maioria das vezes”.

A questão 12, referente ao princípio de integração entre as áreas de manufatura e de desenvolvimento de produto, é a de maior média (3,96) e menor desvio padrão (0,41), apontando uma relativamente alta aplicação deste princípio e com menos diferença na intensidade de aplicação entre as empresas, indicado por um desvio padrão significativamente menor. Já a questão 5, que foca um elemento da ferramenta ESBC, apresentou a menor média (1,98), com desvio padrão de 0,93, indicando menor intensidade de uso.

As questões 4 e 5, referentes ao uso da ESBC, uma ferramenta considerada básica e específica do LD, apresentaram respectivamente 78,7% e 85,1% da frequência de respostas nas alternativas “nunca aplica” ou “aplica na minoria das vezes”, indicando o baixo uso desta ferramenta, com médias de 2,34 e 1,98. Já as aplicações da ferramenta mapeamento do fluxo de valor, representadas pelas questões 1, 2 e 3, são relativamente um pouco maiores, com médias respectivamente de 2,77, 2,28 e 2,23 e com a frequência de respostas de 63,8%, 72,4% e 74,5% nas alternativas “aplica na minoria das vezes” ou “aplica algumas vezes”.

A realização específica do mapeamento do fluxo de valor para o PDP, representada pela questão 1 com média 2,77, desvio padrão 0,99, e frequência de respostas de 70,2% nas alternativas “aplica algumas vezes” ou “aplica a maioria das vezes”, é a ferramenta mais utilizada na amostra. Isso não é uma surpresa, à medida que essa é a ferramenta *lean* considerada mais universal e popular. Por outro lado, as ações de melhoria nos pontos de desperdício apontados pelo mapeamento (questão 2) e “refazer o mapa do fluxo de valor após as melhorias” (questão 3) são menos realizadas, indicando um uso não completo dessa ferramenta.

Assim, observa-se que as empresas pesquisadas estão migrando, inicialmente, os princípios enxutos para o PDP, ao passo que as ferramentas enxutas podem, ainda, ser migradas, em um próximo passo. Eventualmente, essas empresas podem estar usando as ferramentas clássicas e já consolidadas no PDP, como FMEA de projeto e DFX (*Design for Environment, Manufacturing, Assembling*, etc.), mas orientadas no dia a dia por princípios *lean*.

As respostas da questão 10 apontam que o envolvimento da alta administração, em todas as etapas do PDP, é percebido como forte nessas empresas, como indicam a média de 3,85 e a frequência de 80,8% nas alternativas “aplica na maioria das vezes” ou “aplica sempre”.

A análise de *Cluster*, apresentada no item a seguir, irá complementar a análise dos resultados, a fim de que seja possível obter uma conclusão mais robusta.

### 4.3 Análise de Cluster

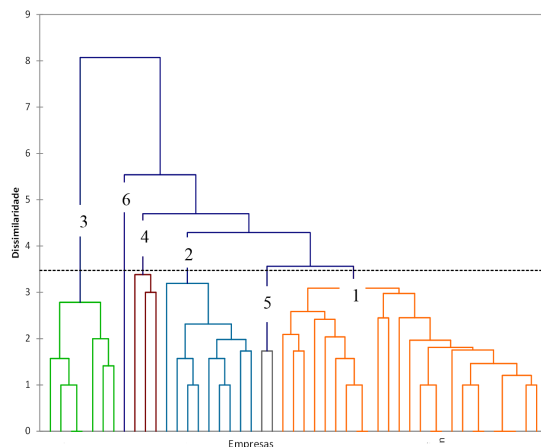
A análise estatística de *Cluster*, realizada com base na aplicação dos princípios e práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos das empresas da amostra, é apresentada na Figura 1.

A análise apresenta a formação de 6 *clusters*. O Gráfico 4 ilustra o comportamento de cada *cluster*, em relação aos valores atribuídos para cada questão.

O maior *cluster* (*cluster 1*) representa 53,2% das empresas da amostra, ou seja, é composto por 25 das 47 empresas da amostra. Esse *cluster* é formado por empresas de todos os setores da amostra e apresenta uma alta aplicação dos princípios enxutas e uma baixa aplicação das práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos.

O segundo maior *cluster* (*cluster 2*) é formado por 9 empresas, ou 19,2% da amostra. A característica desse *cluster* é uma alta aplicação dos princípios enxutas e uma média aplicação das práticas enxutas de desenvolvimento de produto.

O *cluster 3* é o terceiro maior. Ele é representado por 7 empresas, ou 14,9% da amostra, que não



**Figura 1.** Análise de *Cluster* baseada na aplicação dos princípios e práticas enxutas no PDP das empresas da amostra.

aplicam nem os princípios nem as práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos.

O quarto maior *cluster* (*cluster 4*) possui 3 empresas em sua composição, ou 6,4% da amostra. Esse *cluster* possui alta aplicação tanto dos conceitos quanto das práticas enxutas de desenvolvimento de produto.

O *cluster 5* representa 4,2% da amostra, ou 2 empresas, demonstrando média aplicação tanto dos princípios quanto das práticas enxutas de desenvolvimento de produto no PDP.

O *cluster 6* é o menor, sendo composto por somente uma empresa da amostra, ou 2,1% e possui baixa aplicação dos princípios e alta aplicação das práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos.

A Tabela 3 apresenta a compilação desses resultados, mostrando a caracterização dos *clusters* em relação à aplicação dos princípios e práticas enxutas no PDP deles.

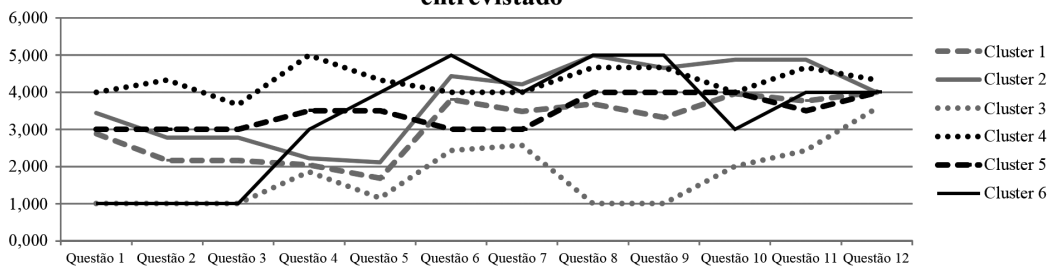
De acordo com a literatura da área de Estatística, observações atípicas devem ser analisadas para não introduzir um viés na estimativa da estrutura de agrupamento dos dados, ou *cluster* (Hair et al., 2006). Portanto, conforme concluem os autores, esforços devem ser feitos para analisar se os resultados podem ser generalizáveis para a população de interesse.

Os resultados encontrados mostram que a soma percentual das amostragens dos *clusters* 4, 5 e 6 é 12,7%. Esse número é menor que o percentual de amostragem do *cluster 3*, sozinho, que é de 14,9%. A fim de não introduzir um viés na estimativa dos *clusters*, os *clusters* 4, 5 e 6 não foram considerados para a análise dos resultados da amostra.

O *cluster 1* mostra uma alta aplicação dos princípios e uma baixa aplicação das práticas enxutas no PDP das empresas que o compõem. Isso evidencia que mais da metade das empresas avaliadas conseguiu transferir para o processo de desenvolvimento de produtos os princípios enxutas, advindos do LM. No entanto, essas empresas ainda não estão aplicando as práticas de desenvolvimento de produto enxutas que, nesta pesquisa, são constituídas pelo mapeamento de fluxo de valor do PDP, a gestão visual e a ESBC.

O *cluster 2* mostra, também, que as empresas que o constituem apresentam uma alta aplicação

### Perfis dos Clusters em relação ao Lean Development na planta do entrevistado



**Gráfico 4.** Comportamento dos *clusters* em relação aos valores atribuídos para cada questão relacionada ao *Lean Development* na planta do entrevistado.

dos princípios enxutos no PDP, tendo conseguido transferi-los do LM. Porém, as mesmas empresas mostram uma média aplicação das práticas enxutas em seus processos de desenvolvimento de produtos. Uma vez que o *cluster 2* representa aproximadamente 20% da amostra estudada, esses dados mostram que poucas empresas brasileiras estão conseguindo aplicar, ainda que moderadamente, as práticas enxutas no PDP. De fato, os princípios enxutos fazem parte da filosofia enxuta e, para empresas que possuem o LM implantado há mais de 5 anos, era esperado que tais princípios já estivessem amadurecidos, o que foi evidenciado pelo resultado encontrado nos *clusters 1 e 2* que, juntos, constituem 72,4% da amostra avaliada. Por outro lado, as práticas enxutas de desenvolvimento de produto vão além da filosofia enxuta, conforme Ward (2007), segundo os quais o desenvolvimento de produto enxuto vai além dos princípios do LM e dos métodos da engenharia simultânea convencional. De fato, considera-se que a ESBC representa uma quebra de barreira significativa na maneira de desenvolver novos produtos (Ward et al., 1995; Sobek et al., 1999).

As empresas do *cluster 3*, ou aproximadamente 15% da amostra, não aplicam nem os princípios

nem as práticas enxutas no PDP. Isso mostra que, embora essas empresas possuam o LM implantado há mais de 5 anos, não estenderam os princípios enxutos aprendidos para o PDP, tampouco iniciaram a aplicação das práticas enxutas nele.

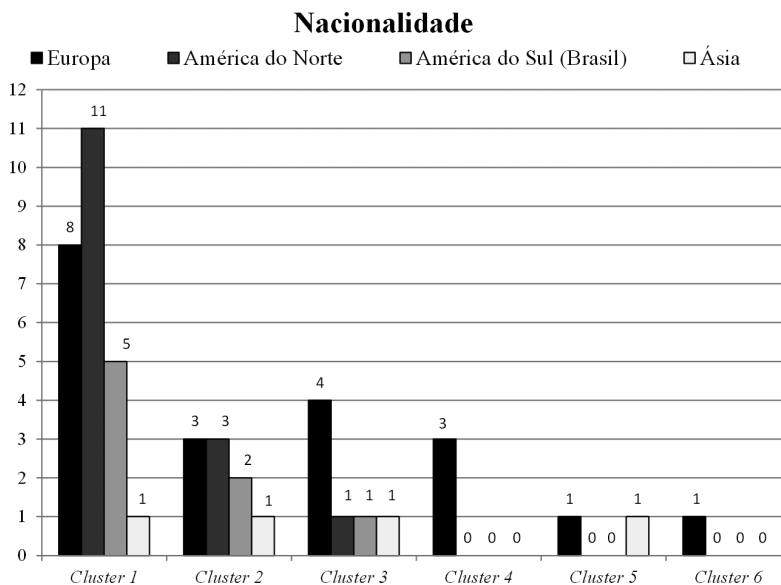
O Gráfico 5 apresenta a análise descritiva dos *clusters* de acordo com a nacionalidade das empresas.

As empresas americanas e brasileiras estão concentradas nos *clusters 1 e 2*, ou seja, 93,3% das empresas americanas e 87,5% das empresas brasileiras investigadas estão presentes nesses dois *clusters*. As empresas europeias estão distribuídas basicamente entre os *clusters 1, 2, 3 e 4* (40% no *cluster 1*, 15% no *cluster 2*, 20% no *cluster 3* e 15% no *cluster 4*). As empresas asiáticas estão distribuídas entre os *clusters 1, 2, 3 e 5* (25% em cada um deles). Uma vez que os *clusters 1, 2 e 3* são os que foram utilizados para a análise dos resultados, a análise descritiva da nacionalidade dos *clusters* mostra uma tendência de que as empresas americanas e brasileiras, da amostra, estejam mais evoluídas na aplicação do *Lean Development* do que as empresas europeias e asiáticas. Isso pode ser sugerido uma vez que as empresas americanas e brasileiras estão concentradas

**Tabela 3.** Caracterização dos *clusters* em relação à aplicação dos princípios e práticas enxutas no PDP deles.

	Número Empresas	% Amostra	Aplicação	
			Princípios Enxutos	Práticas Enxutas
<i>Cluster 1</i>	25	53,2	Alta	Baixa
<i>Cluster 2</i>	9	19,2	Alta	Média
<i>Cluster 3</i>	7	14,9	Não Aplica	Não Aplica
<i>Cluster 4</i>	3	6,4	Alta	Alta
<i>Cluster 5</i>	2	4,2	Alta	Média
<i>Cluster 6</i>	1	2,1	Baixa	Alta

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Gráfico 5.** Distribuição dos *clusters* de acordo com a nacionalidade das empresas que os compõem.

nos *clusters* 1 e 2, que são os que apresentam o *Lean Development* com maior grau de aplicação, quando se leva em consideração os *clusters* 1, 2 e 3.

## 5 Considerações finais

A maioria das empresas da amostra (72,4%), representadas pela soma dos *clusters* 1 e 2, busca utilizar o desenvolvimento de produto enxuto por meio da aplicação dos princípios e práticas *lean* no processo de desenvolvimento de produto. Cerca de metade das empresas da amostra (*cluster* 1: 52,3% da amostra) transferiu os princípios enxutos aprendidos com o *Lean Manufacturing* para o PDP, porém ainda não conseguiu aplicar as práticas enxutas de desenvolvimento de produto. Somente cerca de 20% das empresas (*cluster* 2) conseguiu, além dos princípios, também aplicar as práticas enxutas, ainda que moderadamente.

Assim, tanto a análise descritiva das empresas pesquisadas quanto a análise de *cluster* evidenciaram que a maior parte da amostra transferiu os princípios enxutos da produção para o PDP. Em relação às ferramentas e práticas enxutas, estas são transferidas em menor grau.

Por outro lado, a análise de *cluster* mostrou que aproximadamente 15% das empresas da amostra não transferiram para o PDP nem os princípios e nem as práticas enxutas, aprendidos com o LM. Isso permite questionar se essas empresas efetivamente aprenderam a abordagem *Lean*, com seus princípios e práticas, e compreenderam a importância, para sua consolidação, de se incorporar os princípios e práticas no PDP. É fato que uma das práticas enxutas, a ESBC, representa uma maneira inovadora de desenvolver novos produtos, que vai contra o senso comum na área, e que requer mais conhecimento e experiência da equipe de projeto, o que dificulta a aplicação dessa prática e requer maior maturidade do PDP.

É recomendável identificar e analisar os motivos que levam essa parcela das empresas a não estenderem os princípios e práticas enxutos aprendidos no LM para o processo de desenvolvimento de produto. É possível que algumas empresas ainda não tenham conhecimento da possibilidade de transferir os conceitos de LM para outras áreas da empresa. Além disso, algumas empresas podem considerar que tenham o LM implantado na produção, sem tê-lo de fato. Aplicar alguns conceitos ou ferramentas isoladamente não significa, de fato, possuir o *Lean Manufacturing* implantado e obter o conhecimento e crença suficientes para ampliar sua aplicação na cadeia de produção.

Também, a questão cultural de algumas empresas, bem como a subcultura específica do desenvolvimento de produto que, em alguns casos, pode priorizar a visão de conveniência de pouca padronização e maiores graus de liberdade na condução das atividades do PDP, pode interferir nesse processo de transferência da aprendizagem. É comum, por exemplo, a visão

de que o dinamismo e a criatividade específicos de PDPs são inconsistentes com conceitos e práticas de padronização e de melhoria contínua. Outra hipótese é a de que tais empresas podem não estar conseguindo aplicar os conceitos de LM com êxito e, por isso, podem não enxergar ganhos em aplicá-los em outras áreas. De qualquer maneira, um estudo para o esclarecimento dessa questão é bastante pertinente.

Também foi observado que, no Brasil, as empresas americanas e brasileiras, da amostra, aplicam em maior grau o *Lean Development* comparativamente às empresas europeias e asiáticas.

A principal limitação deste trabalho se refere ao número de empresas pesquisadas, uma vez que a amostra é de 47 unidades, inferior ao número considerado adequado pela literatura. Hair et al. (2006) propõem que as técnicas multivariadas sejam realizadas com amostras superiores a 50 observações. No entanto, se for levado em consideração o tamanho da população identificada e acessada, que é de 73 empresas, a amostra obtida de 47 empresas representa 64,4% da população, o que representa um número bastante considerável.

Uma possibilidade de continuidade da pesquisa é revisar o questionário e buscar meios para se conseguir uma amostra significativamente maior de empresas.

Os resultados apresentados neste estudo constituem uma rica fonte de dados para o início do entendimento da atual situação do LD nas empresas brasileiras. O mesmo pode ser usado como ponto de partida para estudos mais aprofundados, como estudos de caso ou pesquisa-ação que abordem não somente uma prática ou um princípio enxuto especificamente, mas, sim, o conjunto de práticas e princípios enxutos para que o LD possa ser, de fato, avaliado e entendido como um todo. A melhor compreensão deste fenômeno pode contribuir para a definição de práticas e orientações, do ponto de vista acadêmico e de assessoria empresarial, que possam contribuir para melhor aplicação e superação de dificuldades no uso do LD.

## Referências

- Cusumano, M. A., & Nobeoka, K. (1998). *Thinking beyond lean: how multi-project management is transforming product development at Toyota and others companies*. New York: FreePass. 248 p.
- Dal Forno, A. J., & Forcellini, F. A. (2012). Lean product development: principles and practices. *Product: Management & Development*, 10(2), 131-143. <http://dx.doi.org/10.4322/pmd.2013.007>.
- Dal Forno, A. J., Barquet, A. P. B., Buson, M. A., & Ferreira, M. G. G. (2008). Gestão de desenvolvimento de produtos: integrando a abordagem Lean no projeto conceitual. *Gestão da Produção, Operação e Sistemas*, 3(4), 45-58.
- Forza, C. (2002). Survey research in operations management: a process-based perspective. *International Journal of*



- Operations & Production Management*, 22(2), 152-194. <http://dx.doi.org/10.1108/01443570210414310>.
- Hair, J. F., Jr, Black, B., Babin, B., Anderson, R., & Tatham, R. (2006). *Multivariate data analysis*. 6th ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall.
- Hines, P., Francis, M., & Found, P. (2006). Towards lean product lifecycle management: a framework for new product development. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), 866-887. <http://dx.doi.org/10.1108/17410380610688214>.
- Karlsson, C., & Ålhström, P. (1996). The difficult path to lean product development. *Journal of Product Innovation Management*, 13(4), 283-295. [http://dx.doi.org/10.1016/S0737-6782\(96\)00033-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0737-6782(96)00033-1).
- Kennedy, M. N. (2003). *Product development for the lean enterprise*. Richmond: Oaklea Press.
- Kristofferson, A., & Lindeberg, C. (2006). *Lean product development in swedish industry* (Master's thesis). School of Economics, Stockholm.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Liker, J., & Morgan, J. (2006). *The Toyota product development system: integrating people, process and technology*. New York: Productive Press.
- Locher, D. A. (2008). *Value Stream Mapping for Lean Development: a how-to guide for streamlining time to market*. Estados Unidos: CRC Press.
- Madhavaram, S., & Appan, R. (2010). Developing complex, business-to-business products: issues and implications. *Management Search Review*, 33(7), 715-733. <http://dx.doi.org/10.1108/01409171011055807>.
- Mascitelli, R. (2004). *The lean design guidebook: everything your product development team needs to slash manufacturing cost*. Northridge: Technology Perspectives.
- McManus, H. L. (2005). *Product development value stream analysis and mapping manual (PDVSM)*. Cambridge: The Lean Aerospace Initiative, Center for Technology, Policy, and Industrial Development, Massachusetts Institute of Technology. 116 p.
- Meiling, J., Backlund, F., & Johnsson, H. (2012). Managing for continuous improvement in off-site construction: evaluation of lean management principles. *Engineering, Construction, and Architectural Management*, 19(2), 141-158. <http://dx.doi.org/10.1108/09699981211206089>.
- Morgan, J. M. (2002). *High performance product development: a systems approach to a lean product development process* (Doctoral thesis). The University of Michigan, Michigan.
- Morgan, J., & Liker, J. K. (2006). *Toyota's product development system: integrating people, process and technology*. New York: Productivity Press.
- Oppenheim, B. W. (2004). Lean product development flow. *Systems Engineering*, 7(4), 352-376. <http://dx.doi.org/10.1002/sys.20014>.
- Pessôa, M. V. P., Loureiro, G., & Alves, J. M. (2008). A method to lean product development planning. *Product: Management & Development*, 6(2), 143-155.
- Possamai, O., & Ceryno, P. S. (2008). Lean approach applied to product development. *Product: Management & Development*, 6(2), 157-165.
- Rahman, S., Laosirihongthong, T., & Sohal, A. S. (2010). Impact of lean strategy on operational performance: a study of Thai manufacturing companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(7), 839-852. <http://dx.doi.org/10.1108/17410381011077946>.
- Reinertsen, D. (2005). Let It flow: how lean product development sparked a revolution. *Industrial Engineering*, 37(6), 40-45.
- Salgado, E. G., Mello, C. H. P., Silva, C. E. S., Oliveira, E. S., & Almeida, D. A. (2009). Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. *Gestão & Produção*, 16(3), 344-356. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2009000300003>.
- Sánchez, A. M., & Pérez, M. P. (2001). Lean indicators and manufacturing strategies. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(11), 1433-1451. <http://dx.doi.org/10.1108/01443570110407436>.
- Schäfer, H., & Sorensen, D. J. (2010). Creating options while designing prototypes: value management in the automobile industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(6), 721-742. <http://dx.doi.org/10.1108/17410381011064012>.
- Sobek, D. K., Ward, A. C., & Liker, J. K. (1999). Toyota's principles of set-based concurrent engineering. *Sloan Management Review*, 40(2), 67-83.
- Sousa Mendes, G. H., & Toledo, J. C. (2015). Organizational characteristics in concurrent engineering: Evidence from Brazilian small and medium enterprises in the medical device industry. *Concurrent Engineering, Research and Applications*, 23(2), 135-144. <http://dx.doi.org/10.1177/1063293X15569512>.
- Toledo, J. C., Silva, S. L., Mendes, G. H. S., & Jugend, D. (2008). Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte. *Gestão & Produção*, 15(1), 117-134. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2008000100011>.
- Veiga, G. L., Lima, E. P., Angelis, J. J., & Costa, S. E. G. (2011). The strategic role of lean a discussion. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 8(1), 9-30.
- Ward, A. C. (2007). *Lean product and process development*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute. 208 p.
- Ward, A. C., Liker, J. K., Cristiano, J. J., & Sobek Ii, D. K. (1995). The second Toyota paradox: how delaying decisions can make better cars faster. *Sloan Management Review*, 36(3), 43-61.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J., & Jones, D. (2004). *A mentalidade enxuta nas empresas*. 5th ed. Rio de Janeiro: Campus.