

# Uma revisão sistemática da literatura a respeito da utilização do *Lean Product Development* na detecção de desperdícios processuais

## *A systematic review of the literature regarding the use of Lean Product Development in the detection of procedural wastes*

Daniela Beatriz Olivares Flores<sup>1</sup>  
Nicolle Christine Sotsek<sup>2</sup>

**Como citar:** Flores, D. B., & Sotsek, N. C. (2020). Uma revisão sistemática da literatura a respeito da utilização do Lean Product Development na detecção de desperdícios processuais

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, PR, Brasil, e-mail: [daniela.beatriz95@gmail.com](mailto:daniela.beatriz95@gmail.com)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, PR, Brasil, e-mail: [sotseknicolle@gmail.com](mailto:sotseknicolle@gmail.com)

**Resumo:** Diferentes abordagens têm sido utilizadas no Processo de Desenvolvimento de Produtos como uma forma de aumentar a capacidade competitiva e garantir a inovação tecnológica. Uma dessas abordagens é o *Lean Product Development* (LPD), que advém da inserção da filosofia *Lean* no Processo de Desenvolvimento de Produtos. Dentre os princípios do LPD está a busca pela melhoria contínua e o mapeamento das atividades de valor. Um dos princípios fundamentais da filosofia *Lean* é a identificação dos desperdícios em todas as atividades da empresa, visando sua redução ou eliminação. O objetivo desta pesquisa é analisar trabalhos de aplicação do LPD, com foco na categorização e tratativa dada aos desperdícios identificados nessas pesquisas. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura. As publicações passaram por uma leitura dinâmica para garantir a aderência ao tema. Uma limitação da pesquisa foi a falta de acessibilidade a versões completas de publicações internacionais. Contudo, foram encontrados 16 estudos nacionais e internacionais para a discussão final. Mediante análises quantitativa e qualitativa, foi possível reconhecer o Mapeamento de Fluxo de Valor como principal ferramenta para identificação de desperdícios e suas categorias, assim como ferramentas e práticas utilizadas para sua mitigação.

**Palavras-chave:** Processo de desenvolvimento de produtos; Desenvolvimento enxuto de produtos; Tratamento de desperdícios; Mapeamento de fluxo de valor

**Abstract:**

*Different approaches have been used in the Product Development Process as a way to increase competitive capacity and guarantee technological innovation. One of these approaches is Lean Product Development (LPD), which comes from the insertion of Lean philosophy in the Product Development Process. Among the principles of the LPD is the search for continuous improvement and the mapping of value activities. One of the fundamental principles of Lean philosophy is the identification of waste in all activities of the company, aiming at its reduction or elimination. The objective of this research is to analyze application articles of the LPD, focusing on the categorization and treatment given to the waste identified in these researches. For this, a systematic literature review was carried out. A limitation of the research was the lack of accessibility to full versions of international publications. However, 16 national and international studies were found for the final discussion. Through quantitative and qualitative analysis, it was possible to recognize the Value Stream Mapping as the main tool for identifying waste and its categories, as well as the tools and practices used to mitigate them.*

*Keywords: Lean Product Development, Waste Reduction, Value Stream Mapping*

## 1 Introdução

De acordo com Ulrich & Eppinger (2000), o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) pode ser definido como o conjunto de atividades que inicia com a percepção de oportunidades de mercado e termina na produção, venda e entrega de um produto comercial.

Um processo eficiente de desenvolvimento de produtos é algo difícil de se realizar, e sem isto as empresas estão provavelmente destinadas ao fracasso, pois o bom desempenho do produto é uma consequência da consistência na organização e gerenciamento do seu próprio desenvolvimento (Clark & Fujimoto, 1991).

Morgan & Liker (2006) defenderam em sua pesquisa que a área de maior oportunidade competitiva é a área de desenvolvimento de produtos. Os autores baseiam essa afirmação em dois argumentos: 1) as oportunidades na manufatura em si estão ficando diminutas; e 2) o investimento em melhorar essas oportunidades não renderia o mesmo retorno financeiro, pelo fato da eficiência hoje na manufatura já ser bastante elevada.

Por mais de vinte anos, pesquisadores de diferentes áreas vem focando seus estudos em desenvolver métodos e ferramentas para aumentar a eficiência e efetividade do PDP. Entre uma das abordagens mais estudadas está o *Lean Product Development* (León & Farris, 2015).

A essência do pensamento *Lean* consiste no ato de eliminar o desperdício dos processos de uma organização para possibilitá-la a atingir uma maior produtividade, aumentando as margens de lucro e melhorando a competitividade da empresa (Mascitelli, 2007). Essa filosofia não está restrita a manufatura, podendo ser aplicada a outros tipos de empresas e áreas, por exemplo ao processo de desenvolvimento de produtos (Baines et al., 2006).

O conceito do *Lean Product Development* (LPD), que pode ser traduzido ao português como Desenvolvimento Enxuto de Produtos, é, na maioria das vezes, atribuído ao estudo de Womack et al. (1991), no qual foi descrito o processo de desenvolvimento de produtos da Toyota, associando os princípios e práticas do pensamento *Lean* com as reduções de custo, tempo de desenvolvimento e desperdícios no processo, sem perder o foco na qualidade.

O LPD pode ser definido como um sistema composto por princípios, práticas e ferramentas que se baseiam no pensamento *Lean* para eliminar desperdício dentro do processo de desenvolvimento de produtos (Wang et al., 2012). No entanto, esta não é uma tarefa fácil, pois ao contrário do que ocorre na manufatura, os processos no PDP são majoritariamente de natureza informacional, tornando os desperdícios menos visíveis (Rother & Shook, 2003).

Apesar de o conceito do desenvolvimento enxuto de produtos ter surgido há mais de vinte anos, é possível afirmar que o mesmo ainda é um tema atual e em expansão no contexto das empresas (Carvalho et al., 2012).

Este artigo apresenta uma análise de publicações internacionais e nacionais selecionadas que implementaram o LPD e registraram os desperdícios encontrados, com o propósito de viabilizar o entendimento de desperdício para o processo de desenvolvimento de produtos. Para alcançar o objetivo, foram utilizados uma série de parâmetros definidos através de pesquisa preliminar sobre a teoria do LPD.

## **2 Referencial Teórico**

### **2.1 Processo de Desenvolvimento de Produtos**

No início dos anos 80, os pesquisadores Clark e Fujimoto (1991) já identificavam empresas com efetiva capacidade para desenvolver produtos, enquanto outras se defrontavam com os elevados custos alcançados, demora no lançamento, fraco desempenho, problemas de qualidade e até mesmo com a falta de mercado para o produto desenvolvido. De acordo com os autores, o que define o sucesso do desempenho da empresa é o padrão de consistência presente em todo o sistema de desenvolvimento de produtos, incluindo a estrutura organizacional, as habilidades técnicas, os processos para solução de problemas, a cultura e a estratégia (Romeiro et al., 2010).

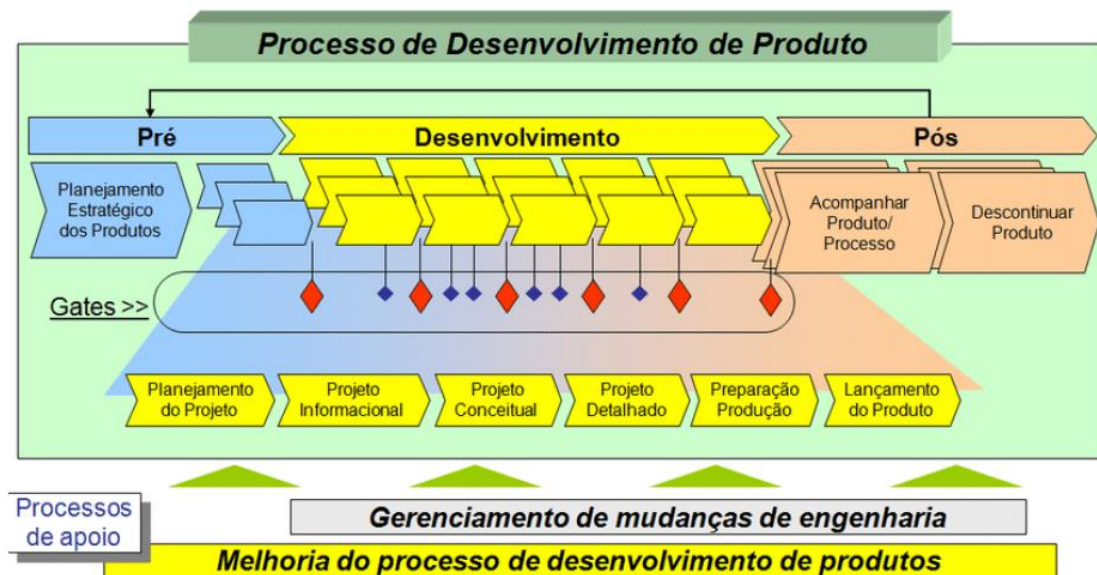
Na definição de Baxter (1998), o processo de desenvolvimento de produtos é uma atividade complexa, que requer pesquisa, planejamento, controle, utilização de métodos sistemáticos, abordagens interdisciplinares, envolvimento de interesses mútuos e habilidades de diversas áreas. O autor considera ainda que o PDP é o processo que transforma uma ideia sobre um produto em um conjunto de instruções para sua fabricação.

De acordo com Rozenfeld et al. (2016), o processo de desenvolvimento de produtos encontra-se na interface entre empresa e mercado, desempenhando papel essencial na estratégia da empresa, pois possibilita o desenvolvimento de produtos que:

- a) atendam às expectativas do mercado em termos de qualidade;
- b) sejam introduzidos no mercado de forma mais rápida que a concorrência;
- c) sejam produzidos de maneira econômica, com produtividade e qualidade, atendendo às capacidades da área de manufatura.

Os autores Beitz et al. (1996) pontuam que, dada a complexidade do PDP e os muitos métodos que devem ser aplicados, a divisão do PDP em fases e em grupos de atividades é uma das maneiras mais convenientes para lidar com essa complexidade, possibilitando o estabelecimento de pontos de verificação e controle que contribuem para aumentar a eficácia do gerenciamento desse processo. Portanto, somando-se essa colocação à análise das definições para o PDP, parece ser consensual que o produto seja desenvolvido ao longo de fases.

De um modo geral, os modelos de processo de desenvolvimento de produtos podem ser divididos em três macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento, como mostra a Figura 1.



**Figura 1.** Modelo de Rozenfeld para o PDP (Fonte: Rozenfeld et al., 2006).

O pré-desenvolvimento tem como finalidade gerar o plano do projeto, em que suas atividades e tarefas estão voltadas para a especificação das oportunidades do produto. A fase de desenvolvimento tem como objetivo transformar a oportunidade de mercado em um novo produto, com o objetivo de consolidar os requisitos do produto a partir das informações dos clientes e transformá-lo em especificações de projeto. São fases do desenvolvimento: Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação do Produto e Lançamento do Produto. O pós-desenvolvimento se refere ao acompanhamento do produto, que garante o monitoramento do desempenho do mesmo na produção e no mercado, como também identifica oportunidades de melhoria (Cardoso, 2017).

O processo de desenvolvimento de produtos evolui gradualmente, acompanhando as tendências globais de ferramentas e práticas. De acordo com a literatura, existem diversas abordagens que se inserem dentro do PDP, agregando princípios e estratégias que procuram a otimização do processo. Algumas dessas abordagens são: Abordagem da Engenharia Simultânea, Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP), Design for Six Sigma (DFSS) e o *Lean Product Development*, sendo esta uma das abordagens mais citadas pela literatura (Rozenfeld et al., 2006).

## 2.2 Pensamento *Lean*

O pensamento *Lean* foi criado no Japão, sendo atribuído a Taiichi Ohno, quem fora gerente de produção da Toyota após a Segunda Guerra Mundial, e que estabeleceu uma simples premissa: adicionar valor e reduzir desperdício faria com que os indicadores de performance melhorassem, pois haveria diminuição de custos, de defeitos na qualidade e de tempo de entrega de produtos (Ellis, 2015).

A estruturação do conceito de *Lean* é creditada a Womack et al. (1996). Eles definiram cinco características fundamentais do pensamento *Lean*:

1. Conceito de valor: Valor é qualquer coisa pela qual o cliente esteja disposto a pagar. Em uma empresa guiada pelo *Lean*, toda atividade deve suportar a criação de valor;
2. Mapeamento do fluxo de valor: Um princípio no qual o valor é mapeado meticulosamente em cada etapa do processo, de modo que o valor agregado e o desperdício em cada atividade sejam facilmente visualizados;
3. Fluxo: Define que todos os componentes e atividades no processo de agregação de valor devem fluir suavemente. Portanto, não seria aceitável um desequilíbrio entre partes do processo, como gargalos – atividades que interrompem o fluxo de produção -, que geram uma acumulação de produtos parcialmente completos no meio do processo de produção.
4. Produção Puxada: Define que o valor deve ser orientado pelo consumidor e não pela empresa, ou seja, o consumidor é quem define o tempo e quantidade que deseja receber do produto.
5. Melhoria contínua: No pensamento *Lean*, um sistema de produção nunca está terminado, pois os processos devem ser aperfeiçoados constantemente.

Ainda, Ohno (1988) pontua que uma performance precária na manufatura é consequência de desperdícios durante o processo produtivo. Sendo assim, desperdício pode ser identificado como o oposto de valor. Para facilitar a visualização, esse autor classifica os desperdícios em sete categorias, como ilustra o Quadro 1.

**Quadro 1.** As sete categorias de desperdício em manufatura.

| Tipo de desperdício | Descrição |
|---------------------|-----------|
|---------------------|-----------|

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Superprodução               | Significa produzir mais do que o necessário ou produzir antes do tempo. O objetivo da produção enxuta é produzir o estritamente necessário exatamente no tempo requerido. Superprodução leva a outros dois tipos de desperdício: aumento de estoque e produto em processo ( <i>Work in Progress</i> ). |
| Espera                      | É uma parte desnecessária do tempo de processamento, o que é causado pela informação não fluir entre os processos, resultando em longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, gerando um fluxo pobre, bem como longos <i>lead-times</i> .                                             |
| Transporte                  | É o desperdício gerado pelo transporte e reformatação de saídas e entradas, movimento excessivo de pessoas, informação ou peças, resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia.                                                                                                    |
| Processamento desnecessário | Utilização errada de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma abordagem pode ser mais efetiva.                                                                                                                                                                                    |
| Estoque                     | Armazenamento excessivo de informação, componentes ou produtos, resultando em custos excessivos e baixo desempenho do serviço prestado ao cliente.                                                                                                                                                     |
| Movimentação                | É qualquer movimento desnecessário que sobrecarrega a capacidade do sistema e gera desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixo desempenho dos aspectos ergonômicos e perda frequente de itens.                                                                                         |
| Defeitos                    | Considera a criação de saídas defeituosas, problemas frequentes no processo, problemas na qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega.                                                                                                                                                         |

Fonte: Adaptado de Shingo (1996); Wang et al. (2012)

Apesar de ter começado na indústria automobilística, o pensamento *Lean* se disseminou em vários segmentos que não fossem da área de manufatura especificamente, como empresas de áreas gerais e administrativas e até na área de projeto de produtos (León & Farris, 2011).

### 2.3 *Lean Product Development*

A origem do conceito do *Lean Product Development* não está claramente estabelecida, porém diversas pesquisas remetem ao estudo de Womack et al. (1996), no qual os autores dedicam trinta páginas do livro para descrever “as técnicas do *design Lean*”. No livro, são caracterizados quatro elementos incorporados pela área de *design* da Toyota que produziram uma diferenciação dos seus produtos: líder de projetos com autoridade, trabalho em equipe, comunicação e desenvolvimento contínuo.

Posteriormente, Morgan e Liker (2006) definiram o *Lean Product Development* como um sistema de subsistemas e princípios que alia a inserção do pensamento *lean* com as fases do desenvolvimento de produtos. Os subsistemas são: 1) processo; 2) pessoal especializado e 3) ferramentas e tecnologia, os quais são definidos pelos autores como segue.

1. Processo. Compreende todas as tarefas e sequência de tarefas necessárias para levar um produto do conceito ao início da produção. No PDP, a “matéria-prima” consiste em informações - necessidades do cliente, características anteriores, dados competitivos do produto, princípios de engenharia e outras entradas que são transformadas na especificação completa de um produto que será fabricado pela manufatura. Praticamente

todas as empresas têm algum tipo de processo documentado para o desenvolvimento de produtos. Os princípios do LPD descritos neste subsistema, no entanto, focam pouco no processo documentado e dão mais ênfase ao processo real, nas atividades diárias pelas quais as informações fluem, desde a evolução dos projetos até conclusão de testes. De um modo geral, o objetivo seria padronizar o processo de desenvolvimento e refiná-lo, através da identificação de valor e desperdício, reduzindo continuamente o *lead-time* e o custo.

2. Pessoal especializado. O subsistema de pessoal especializado abrange o recrutamento, seleção e treinamento de engenheiros, estilo de liderança, estrutura organizacional e padrões de aprendizagem. Esse subsistema e seus princípios cobrem a ideia de cultura, que pode ser bastante abrangente, pois envolve o idioma, símbolos, crenças e valores compartilhados da organização. Uma maneira de medir o poder da cultura - o que também é um princípio importante do pensamento enxuto - é o grau em que uma organização realmente a compartilha entre seus membros e fornecedores.
3. Ferramentas e tecnologia. O terceiro subsistema consiste nas ferramentas e tecnologias empregadas durante o processo de desenvolvimento de produtos. Estão incluídos não somente os dispositivos mais caros, como também ferramentas e práticas que facilitam diariamente o progresso do projeto, sejam de resolução de problemas, aprendizado ou padronização de melhores práticas.

Associados a esses subsistemas, Morgan e Liker (2006) identificam treze princípios que se distribuem nos três pilares do sistema, caracterizando o sistema LPD. A Figura 2 representa sua configuração.

5. Desenvolver um “sistema de engenheiro-chefe” para integrar desenvolvimento do início ao fim.
6. Organizar para equilibrar os conhecimentos funcionais e a integração multifuncional.
7. Desenvolver competências técnicas relevantes em todos os engenheiros.
8. Integrar totalmente os fornecedores ao sistema de desenvolvimento do produto.
9. Construir na aprendizagem e na melhoria contínua.
10. Construir uma cultura para apoiar a excelência e a melhoria inflexível.



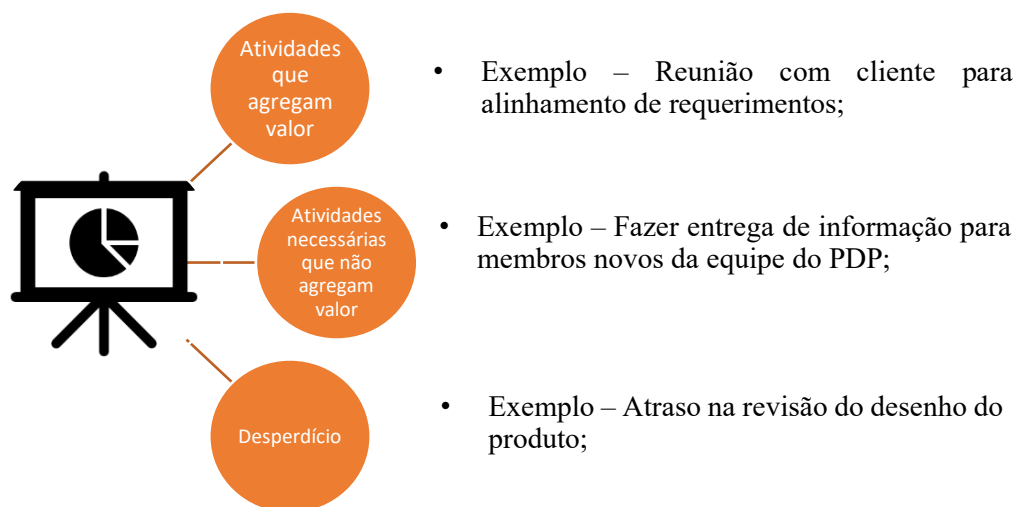
11. Adaptar a tecnologia para ajustar ao seu pessoal e processos.
12. Alinhar sua organização através de comunicação visual simples.
13. Usar ferramentas poderosas para padronização e aprendizagem organizacional.

1. Estabelecer valor definido pelo cliente para separar valor agregado de desperdício.
2. Carregar com antecedência o processo de desenvolvimento do produto para explorar completamente soluções onde existe espaço máximo de desenho.
3. Criar um fluxo nivelado do processo de desenvolvimento de produtos.
4. Utilizar rigorosa padronização para reduzir a variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis.

**Figura 2.** Princípios associados aos subsistemas que conformam o LPD. Adaptado de Morgan&Liker (2006).

### 2.3.1 Definição de valor e desperdício no PDP

Dentre os princípios apresentados na Figura 2, destaca-se o estabelecimento de valor definido pelo cliente, pois é onde inicia o processo e, consequentemente, onde as empresas têm a melhor oportunidade de impactar positivamente o produto (Morgan & Liker, 2006). As atividades do PDP podem ser categorizadas em: 1) atividades que agregam valor; 2) atividades necessárias, mas que não agregam valor e 3) atividades que são apenas desperdício (Figura 3).



**Figura 3.** Categorização das atividades segundo criação de valor. Adaptado de Oehmen e Rebentisch (2010).

No entanto, de acordo com Oehmen e Rebentisch (2010), segregar o que é valor e desperdício no Processo de desenvolvimento de produtos não é algo trivial e isso se deve ao caráter informacional das atividades. Os autores traduzem essa dificuldade no seguinte exemplo: Uma reunião com colegas de projeto pode agregar valor caso informações importantes sejam trocadas naquele momento, mas também pode ser considerada desperdício se nenhum progresso tiver acontecido durante o tempo que estiverem reunidos.

### **2.3.2 Métricas para o PDP**

Para lidar com a ambiguidade dos desperdícios no PDP, podem ser introduzidas métricas que quantifiquem as atividades do projeto (McManus, 2005). As métricas são as características que permitem traduzir o valor de forma mensurável e direcionar as ações da equipe.

Segundo Locher (2008), selecionar métricas apropriadas para o PDP pode ser problemático, porque a maioria dos processos não possui métricas padronizadas de desempenho que reflitam custo, serviço e qualidade no fluxo de valor. Muitos atributos dos dados usados no mapeamento da manufatura podem ser úteis no PDP se estendermos suas definições. Algumas métricas sugeridas ao PDP são:

- Tempo de Ciclo: tempo de relógio ou calendário para realização de determinada atividade;
- Lead-time: tempo requerido para execução de todo o projeto;
- Capacidade: quantos trabalhos podem ser realizados em um determinado tempo;
- Custos fixos e custos não recorrentes: quanto recurso será requerido para toda a atividade;
- Taxa de retrabalho: incidentes ou defeitos.

### **2.3.3 Categorização de desperdícios no PDP**

Como uma maneira de classificar os desperdícios, baseado nos sete desperdícios para manufatura do Quadro 1, Bauch (2004) adapta os conceitos para o contexto de desenvolvimento de produtos e acrescenta ainda três categorias adicionais:

- a) Reinvenção: o desperdício ocorre quando inexiste o reaproveitamento de conhecimento prévio. A consequência clássica é o desperdício de tempo utilizado na reinvenção de processos, soluções e produtos que poderiam ser somente modificados para seu uso apropriado. Em termos de PDP, é importante o gerenciamento de informações providas de projetos anteriores, como uma forma de otimizar futuros projetos.

- b) Falta de disciplina: o desperdício está em objetivos e metas mal definidos; papéis, responsabilidades e direitos mal elaborados; regras mal redigidas; definição pobre de dependência entre atividades; insuficiente predisposição para cooperar; incompetência ou treinamento pobre.
- c) Integração de TI: a grande variedade de componentes de TI (hardware, software, redes, etc.) e o desafio de conseguir mapear todo o processo de desenvolvimento de forma integrada que viabilize não somente o uso das ferramentas atuais, mas, também, as futuras, leva a problemas de compatibilidade, capacidade e disponibilidade baixos.

O Quadro 2 realiza uma comparação de exemplos de desperdícios para manufatura e sua adaptação para o processo de desenvolvimento de produtos.

**Quadro 2.** Relação de exemplos de desperdícios em PDP

| Categoria de desperdício |                                                                                         | Exemplos                                                                                                                       |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                        | <b>Espera</b><br>(Tempo ocioso devido a informação indisponível)                        | Espera por dados, respostas, especificações, requerimentos, resultados de testes, aprovações, decisões, revisões, assinaturas. |
| 2                        | <b>Transporte</b><br>(Movimentação desnecessária de informação entre pessoas/ sistemas) | Excessivo tráfego de dados, ir e vir de tarefas interrompidas e comunicação ineficiente.                                       |
| 3                        | <b>Movimentação</b><br>(Movimentação humana)                                            | Locais remotos, busca de informações e falta de acesso direto à informações.                                                   |
| 4                        | <b>Processamento desnecessário</b><br>(Processamento de informação além do requerido)   | Precisão e detalhes desnecessários, processos e características desnecessários e uso inapropriado de competências.             |
| 5                        | <b>Estoque</b><br>(Grande quantidade de informação não utilizada)                       | Armazenamento excessivo de dados, testes de equipamentos e protótipos desnecessários e filas no caminho crítico.               |
| 6                        | <b>Superprodução</b><br>(Produzir/distribuir mais informação do que a necessária)       | Duas equipes diferentes realizando a mesma tarefa, excesso de disseminação de <u>informação e redundância de tarefas</u> .     |
| 7                        | <b>Defeitos</b><br>(Dados ou informações erradas)                                       | Informação com qualidade deficiente, dados e informações errôneas e testes e verificações pobres.                              |
| 8                        | <b>Reinvenção</b><br>(Inexistência de reaproveitamento de conhecimento prévio)          | Reutilização pobre de projetos e reutilização pobre de conhecimento                                                            |

**Quadro 2.** Relação de exemplos de desperdícios em PDP (continuação)

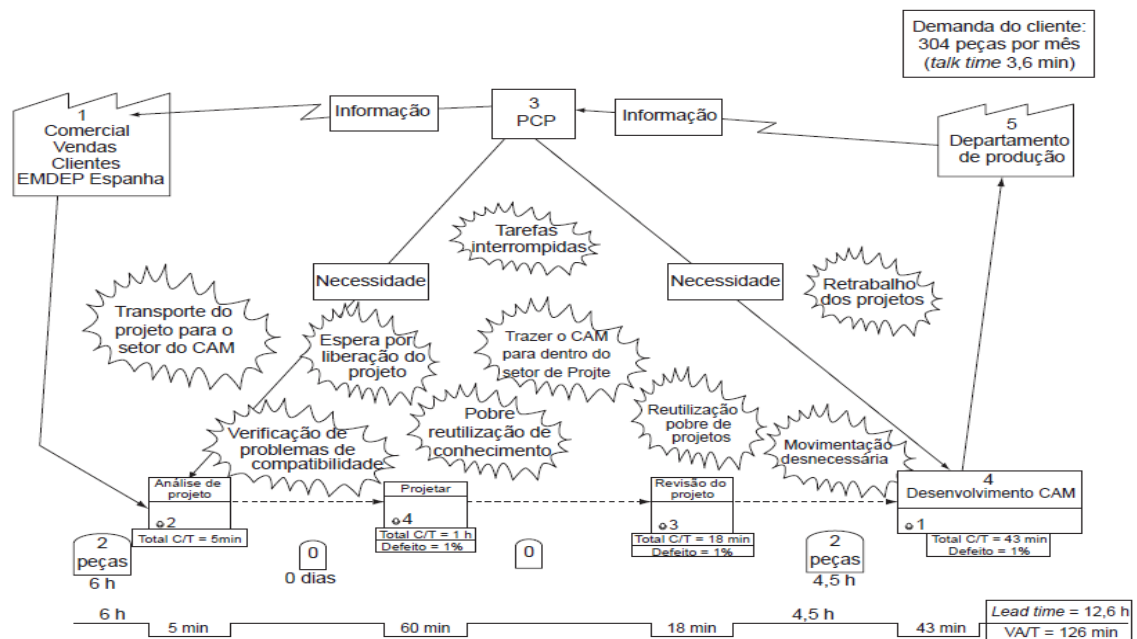
| Categoria de desperdício | Exemplos |
|--------------------------|----------|
|--------------------------|----------|

|    |                                                                                                          |                                                                                                                                        |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Falta de disciplina</b><br>(Ligado à cultura organizacional e capacidade técnica)                     | Objetivos e metas mal definidos; papéis, responsabilidades e direitos mal definidos; e regras mal estabelecidas; falta de treinamento. |
| 10 | <b>Limitações nos recursos de TI</b><br>(Grande variedade de componentes de TI no sistema da informação) | Compatibilidade e capacidade pobres e baixa capacidade.                                                                                |

Fonte: Adaptado de Bauch (2004).

### 2.3.4 Mapeamento de Fluxo de Valor no PDP

Uma ferramenta essencial para identificar desperdício é o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Este permite a visualização dos desperdícios e suas fontes, através do desenho do fluxo de todas as atividades do processo. (Rother & Shook, 2003). Primeiro, são mapeadas as atividades e fluxos entre elas. Logo, são coletados dados sobre essas atividades para descrever o fluxo de valor e identificar a localização de valor e desperdício no processo. (McManus, 2005). A figura 4 exemplifica um diagrama de fluxo de valor.



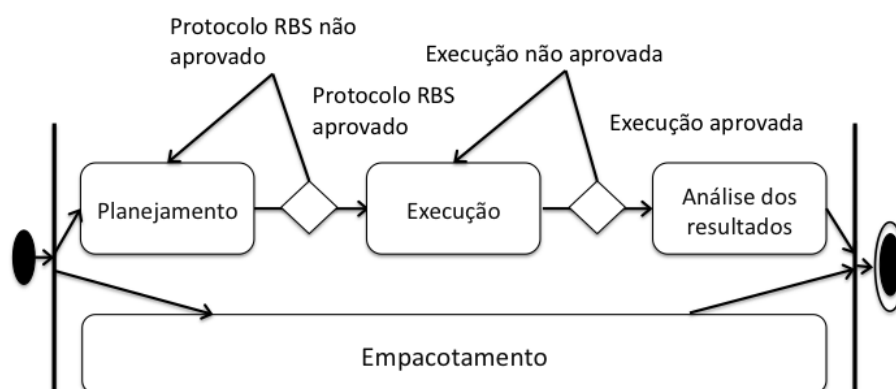
**Figura 4.** Exemplo de MFV de uma empresa de autopeças. Adaptado de Salgado (2009)

Segundo Keyte e Locher (2016), o objetivo do mapeamento do fluxo de valor é ajudar uma equipe a visualizar e comunicar não apenas como sua organização atua hoje, mas também como deve agir no futuro, para melhorar o desempenho em termos de custo, serviço e qualidade de seus produtos e serviços. De fato, os mapas de fluxo de valor são as ferramentas *Lean* essenciais que permitem identificação de desperdícios, facilitam o gerenciamento do fluxo de

valor e são uma ferramenta chave de gerenciamento para continuar a implementar e gerenciar novos fluxos de valor.

### 3 Método de pesquisa: Revisão Sistemática

O presente artigo utilizou o método de revisão sistemática baseado no modelo de Kitchenham (2009). O modelo segue três etapas principais: 1. planejar a revisão; 2. executar a revisão; 3. analisar os resultados, conforme ilustra a Figura 5.



**Figura 5.** Processo da aplicação da revisão sistemática. Adaptado de Almeida et al. (2007).

O primeiro passo, planejamento da revisão, consiste na escolha do tema a ser pesquisado e verificação dos objetivos da pesquisa. Após isso, filtram-se as palavras-chave para realizar a busca de publicações, assim como a base de dados que será utilizada como fonte de pesquisa. Para o estudo em questão, utilizaram-se as bases de dados *Google Scholar*, *Web of Science* e *Science Direct*. Para a seleção de palavras-chave, foram realizados diversos testes, fazendo uso da conjunção “and” e “or” para ligar diferentes palavras. Analisando as pesquisas-teste, verificou-se que as palavras-chave <<Lean product development>> e a string <<Lean Product Development>> AND <<Waste>> foram mais benéficas no sentido de trazer pesquisas com tema central no LPD.

Para conduzir a revisão sistemática, deve-se realizar a identificação da pesquisa, seleção de pesquisa primária, estudo dos resultados, registro minucioso dos dados extraídos, o monitoramento dos mesmos e a síntese dos dados (Kitchenham, 2009). Para a presente pesquisa, foram filtrados estudos nos idiomas inglês e português. Com base em pesquisas preliminares sobre a teoria do tema central, foi realizado neste artigo um recorte de período, pois se pôde observar que a maior parte das publicações se concentraram nos últimos quinze anos. Filtrou-se, portanto, publicações do período de 2005 a 2019, que fossem essencialmente aplicações do *Lean Product Development*. Após a primeira leitura das principais publicações,

foi realizada uma seleção, e depois se realizou a técnica de amostragem da bola de neve, que, conforme relatam Biernarcki e Waldorf (1981), é um processo de exaustão das bases de dados na qual se realizam as buscas a partir da própria referência das publicações.

Finalmente, durante a etapa de análise da revisão, realizou-se a junção dos conceitos lidos nas publicações-base, a formatação dos principais pontos discutidos entre as publicações e a validação da pesquisa, através do manejo de teoria selecionado e registro de conceitos lidos. Realizou-se uma análise quantitativa das publicações, na qual foram mensurados aspectos como tipo de publicação, ano e segmento da empresa de estudo. Posteriormente, a proposta foi compilar as informações presentes nas publicações. Foram analisadas as ferramentas utilizadas para identificação de desperdícios. Estes foram categorizados de acordo com a definição de Bauch (2004), afim de demonstrar as categorias de desperdício mais frequentes no processo de desenvolvimento do produto.

#### 4 Resultados e Discussões

Por meio da revisão sistemática da literatura, as duas *strings* selecionadas foram <<lean product development>> **OR** <<desenvolvimento de produto lean>>, e <<waste>> **AND** <<product development>> **OR** <<desperdício>> **AND** <<desenvolvimento de produto lean>>. Estas foram inseridas nas três bases de dados selecionadas: Science Direct, Google Scholar e Web of Science. Na primeira busca foram localizados 5170 artigos.

Com a finalidade de analisar os desperdícios identificados em aplicações do *Lean Product Development*, foram utilizados os seguintes filtros e parâmetros, também demonstrados no Quadro 3:

- Apresentar data de publicação de 2005 a 2019;
- Apresentar LPD como tema central;
- Ser aplicação do LPD;
- Explicitar os desperdícios identificados através de alguma prática ou ferramenta.

Durante a pesquisa, foi utilizada a técnica de amostragem da bola de neve, na qual depois de realizar a pesquisa nas bases de dados selecionadas, se passa a pesquisar nas referências bibliográficas das publicações selecionadas, de modo a visualizar todas as publicações aderentes ao tema (Biernarcki & Waldorf, 1981). Com esta seleção, restaram um total de 16 publicações aderentes ao tema, como demonstra o Quadro 3 abaixo, que descreve o processo da revisão sistemática.

#### Quadro 3. Condução da pesquisa: seleção dos artigos

| PALAVRAS-CHAVE                                 | BASE DE DADOS                                                                                                                              | SCIENCE DIRECT | GOOGLE SCHOLAR | WEB OF SCIENCE | TOTAL       |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
|                                                | << <i>Lean Product Development</i> >><br><b>OR</b><br><<Desenvolvimento de Produto <i>Lean</i> >>                                          | 159            | 5061           | 180            | 5400        |
|                                                | << Waste>> <b>AND</b> << <i>Lean Product Development</i> >><br><b>OR</b><br><<Desperdício>> <b>AND</b> <<Desenvolvimento de Produto Lean>> | 108            | 2933           | 153            | 3194        |
| TOTAL DE PESQUISA SEM FILTRO E COM DUPLICIDADE |                                                                                                                                            |                |                |                | <b>8594</b> |
| FILTROS E PARÂMETROS                           | 1º SELEÇÃO DO ANO (2005-2019)                                                                                                              | 249            | 4763*          | 158*           | 5170        |
|                                                | 2º LEITURA DO TÍTULO                                                                                                                       | 1154           |                |                |             |
|                                                | 3º LPD COMO TEMA CENTRAL                                                                                                                   | 189            |                |                |             |
|                                                | 4º APENAS APLICAÇÃO                                                                                                                        | 103            |                |                |             |
|                                                | 5º DESPERDÍCIOS EXPLÍCITOS                                                                                                                 | 9              |                |                |             |
|                                                | 6º LEITURA DINÂMICA                                                                                                                        | 9              |                |                | 9           |
|                                                | 5º BOLA DE NEVE (2005-2020)                                                                                                                | 12             |                |                |             |
|                                                | 6º LEITURA DINÂMICA                                                                                                                        | 8              |                |                | 4           |
|                                                | 7º BOLA DE NEVE (2005-2020)                                                                                                                | 3              |                |                |             |
|                                                | 8º LEITURA DINÂMICA                                                                                                                        | 3              |                |                | 3           |
| TOTAL DE PESQUISAS ADERENTES                   |                                                                                                                                            |                |                |                | 16          |

\* 15 Artigos duplicados

#### 4.1 Bibliometria

No Quadro 4 é possível visualizar o nome dos autores, título das publicações, tipo das mesmas, base de dados em que foram encontradas e o segmento em que se encontram as empresas que receberam o estudo. Dos dezesseis artigos explorados, sete são nacionais. Isto se deve à dificuldade de acesso às publicações completas nos periódicos internacionais.

Ressalta-se que a maior parte das publicações selecionadas são trabalhos de conclusão de algum grau acadêmico, pois o objetivo desta pesquisa requeria um detalhamento de informações que a maioria dos artigos relacionados a este tema não descreve. Os tipos de publicações se dividem da seguinte maneira:

- Artigo científico (7);
- Dissertação de mestrado (6);
- Monografia de especialização (1).
- Tese de doutorado (2);

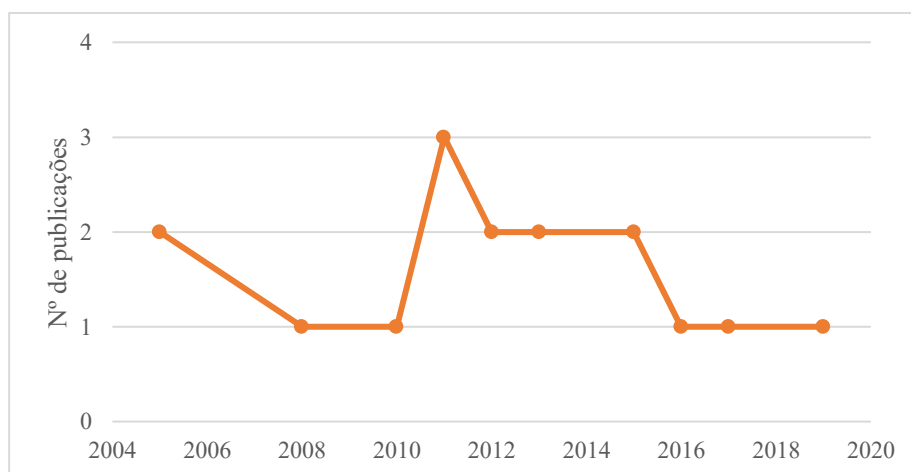
**Quadro 4.** Resumo das informações referentes aos 16 trabalhos revisados

| Nº | Autores                         | Título                                                                                                                       | Tipo de publicação   | Base de dados                                            | Segmento                |
|----|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | Kato, J. (2005)                 | Development of a process for continuous creation of lean value in product development organizations                          | Tese Doutorado       | Repositório Massachusetts Institute of Technology        | Ferrovário              |
| 2  | McManus, H. (2005)              | Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual Release 1.0                                                          | Artigo               | Repositório Massachusetts Institute of Technology        | Aeronáutica             |
| 3  | Salgado, E. (2008)              | Investigação dos desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos por meio da abordagem da produção enxuta            | Dissertação Mestrado | Repositório Institucional UNIFEI                         | Produtivo sob encomenda |
| 4  | Vidotto, R. (2010)              | Aplicação do mapeamento do fluxo de valor na fase de cotação de produto e processo em uma empresa do setor de autopeças      | Dissertação Mestrado | Repositório Institucional UFSC                           | Autopeças               |
| 5  | Ferenhof, H. (2011)             | Uma Sistemática de Identificação de Desperdícios de Conhecimento Visando a Melhoria do Processo de Criação de Novos Serviços | Dissertação Mestrado | Repositório Institucional UFSC                           | Serviços                |
| 6  | Liker, J. & Morgan, J. (2011)   | Lean Product Development as a System: A Case Study of Body and Stamping Development at Ford                                  | Artigo               | Google Scholar                                           | Automobilístico         |
| 7  | Nepal, B. et al. (2011)         | Improving the NPD process by applying lean principles: A case study.                                                         | Artigo               | Google Scholar                                           | Não especificado        |
| 8  | Dal Forno, A. (2012)            | Método de avaliação via benchmarking do processo do desenvolvimento enxuto de produtos                                       | Tese Doutorado       | Repositório Institucional UFSC                           | Plásticos               |
| 9  | Smith, L. (2012).               | An Improved Custom Development Process Utilizing Lean Methods and Tools.                                                     | Dissertação Mestrado | Repositório Grand Valley State University                | Moveleiro               |
| 10 | Milnitz, D. & Tubino, D. (2013) | Aplicação do método de Mapeamento de Fluxo de Valor no setor de engenharia de uma empresa têxtil                             | Artigo               | Revista Exacta, 11(2), 199-212                           | Têxtil                  |
| 11 | Soares, D. (2013).              | Aplicação da metodologia de "Lean Management" no Processo de Desenvolvimento de Produto                                      | Dissertação Mestrado | Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto | Tecnologia              |

**Quadro 4.** Resumo das informações referentes aos 16 trabalhos revisados (continuação)

| Nº | Autores                       | Título                                                                                                     | Tipo de publicação        | Base de dados                   | Segmento        |
|----|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------|
| 12 | Tuli, P. & Shankar, R. (2015) | Collaborative and lean new product development approach: a case study in the automotive product design     | Artigo                    | Google Scholar                  | Automobilístico |
| 13 | Tyagi S. et al. (2015)        | Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process                              | Artigo                    | Science Direct                  | Industrial      |
| 14 | Gewehr, G. (2016)             | Mapeamento do fluxo de valor na fase de desenvolvimento de chicote elétrico automotivo: um estudo de caso. | Monografia Especialização | Repositório Institucional UTFPR | Autopeças       |
| 15 | Cardoso, P. (2017)            | Melhoria do processo de desenvolvimento de produtos alimentícios por meio do mapeamento do fluxo de valor  | Dissertação Mestrado      | Repositório Institucional UFPB  | Alimentos       |
| 16 | Stechert, C. et al. (2019)    | Launching Lean Product Development at an Rail Vehicle Manufacturer                                         | Artigo                    | Science Direct                  | Metroviário     |

Com relação à cronologia das publicações selecionadas, demonstra-se através do gráfico da Figura 6, que entre os anos de 2011 e 2015 houve o maior número de publicações, com nove estudos durante esse período.



**Figura 6.** Relação da quantidade de publicações por ano

Pode-se observar que, quanto ao segmento dos estudos selecionados, um terço estão inseridos em segmentos de transporte, sejam automobilístico, aeronáutico, metroviário e ferroviário. É possível que isso seja justificado pela própria origem do pensamento enxuto, ligado à empresa de automóveis Toyota. Por outro lado, o restante dos estudos são segmentos diversos, o que demonstra a multidisciplinaridade do LPD.

## 4.2 Revisão do Conteúdo

Todos os trabalhos explorados utilizaram o mapeamento do fluxo de valor como ferramenta para a detecção dos desperdícios. Essa ferramenta mostrou-se eficiente quando aplicada ao PDP, pois por ser simples e visual, faz com que a equipe envolvida tenha uma percepção objetiva de quais pontos devem ser atuados, o que para o PDP é essencial por tratar com informações.

Após a aplicação da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor, quatro publicações realizaram algum tipo de categorização dos desperdícios identificados. No entanto, com intuito de padronizar a categorização e avaliar os resultados, este estudo optou por categorizar novamente todos os desperdícios descritos ao longo das dezesseis publicações com base na definição de Bauch (2004) e suas dez categorias de desperdícios. O detalhamento de todos os desperdícios sumarizados por categoria encontra-se no Apêndice A1. O quadro da quantidade de desperdícios por categoria está resumido no Quadro 6.

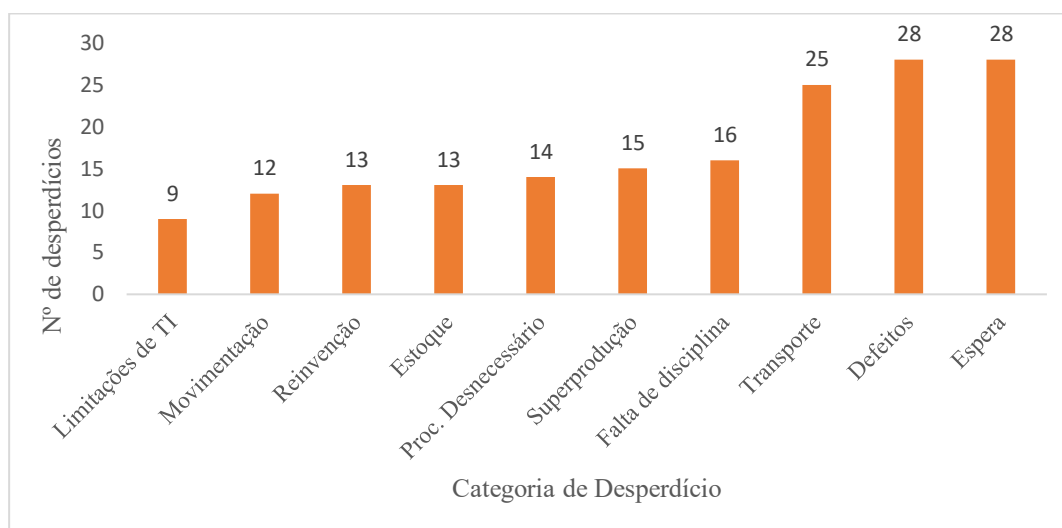
**Quadro 6.** Desperdícios por categoria e publicação

| <b>Categoria</b><br><b>Autor(es)</b> | <b>Espera</b> | <b>Transporte</b> | <b>Movimentação</b> | <b>Processamento desnecessário</b> | <b>Estoque</b> | <b>Superprodução</b> | <b>Defeitos</b> | <b>Reinvenção</b> | <b>Falta de disciplina</b> | <b>Limitações nos recursos de TI</b> | <b>TOTAL POR AUTOR</b> |
|--------------------------------------|---------------|-------------------|---------------------|------------------------------------|----------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Kato, J. (2005)                      | 1             | 1                 | 1                   |                                    |                | 1                    | 1               |                   |                            |                                      | 5                      |
| McManus, H. (2005)                   |               | 2                 |                     |                                    | 1              | 2                    |                 |                   |                            |                                      | 5                      |
| Salgado, E. (2008)                   | 1             | 1                 | 1                   |                                    | 1              | 1                    | 1               | 2                 |                            | 3                                    | 11                     |
| Vidotto, R. (2010)                   | 4             | 2                 | 1                   | 3                                  |                |                      | 1               | 1                 | 1                          |                                      | 13                     |
| Ferenhof, H. (2011)                  | 1             | 4                 | 1                   | 1                                  |                | 2                    | 2               | 5                 | 4                          |                                      | 20                     |
| Liker, J. & Morgan, J. (2011)        | 3             |                   | 1                   |                                    |                |                      | 1               |                   | 1                          |                                      | 6                      |
| Nepal, B. et al. (2011)              | 1             | 2                 |                     |                                    |                |                      | 3               |                   |                            |                                      | 6                      |
| Dal Forno, A. (2012)                 | 3             | 4                 | 4                   | 4                                  | 5              | 4                    | 4               | 4                 | 4                          | 4                                    | 40                     |
| Smith, L. (2012).                    | 1             |                   |                     |                                    |                | 2                    |                 |                   | 1                          |                                      | 4                      |
| Milnitz, D. & Tubino, D. (2013)      |               | 1                 | 1                   |                                    | 1              |                      | 1               |                   |                            |                                      | 4                      |

**Quadro 6.** Desperdícios por categoria e publicação (continuação)

| <b>Categoria</b><br><b>Autor(es)</b> | <b>Espera</b> | <b>Transporte</b> | <b>Movimentação</b> | <b>Processamento desnecessário</b> | <b>Estoque</b> | <b>Superprodução</b> | <b>Defeitos</b> | <b>Reinvenção</b> | <b>Falta de disciplina</b> | <b>Limitações nos recursos de TI</b> | <b>TOTAL POR AUTOR</b> |
|--------------------------------------|---------------|-------------------|---------------------|------------------------------------|----------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Soares, D. (2013).                   | 2             |                   | 1                   | 1                                  | 3              |                      | 2               |                   |                            |                                      | 9                      |
| Tuli, P. & Shankar, R. (2015)        | 1             |                   |                     |                                    |                |                      | 3               |                   |                            |                                      | 4                      |
| Tyagi S. et al. (2015)               |               | 3                 |                     | 2                                  |                | 3                    | 2               |                   | 1                          |                                      | 11                     |
| Gewehr, G. (2016)                    | 7             | 3                 | 1                   |                                    | 2              |                      | 5               | 1                 | 2                          | 2                                    | 23                     |
| Cardoso, P. (2017)                   | 2             | 2                 |                     | 3                                  |                |                      | 1               |                   |                            |                                      | 8                      |
| Stechert, C. et al. (2019)           | 1             |                   |                     |                                    |                |                      | 1               |                   | 2                          |                                      | 4                      |
| <b>TOTAL POR CATEGORIA</b>           | <b>28</b>     | <b>25</b>         | <b>12</b>           | <b>14</b>                          | <b>13</b>      | <b>15</b>            | <b>28</b>       | <b>13</b>         | <b>16</b>                  | <b>9</b>                             | <b>173</b>             |

Dado o Quadro 6, pode-se notar que os 173 desperdícios estão dispersos em todas as categorias. Porém, algumas categorias apresentam frequências maiores que outras, conforme pode ser visualizado na Figura 7 abaixo.

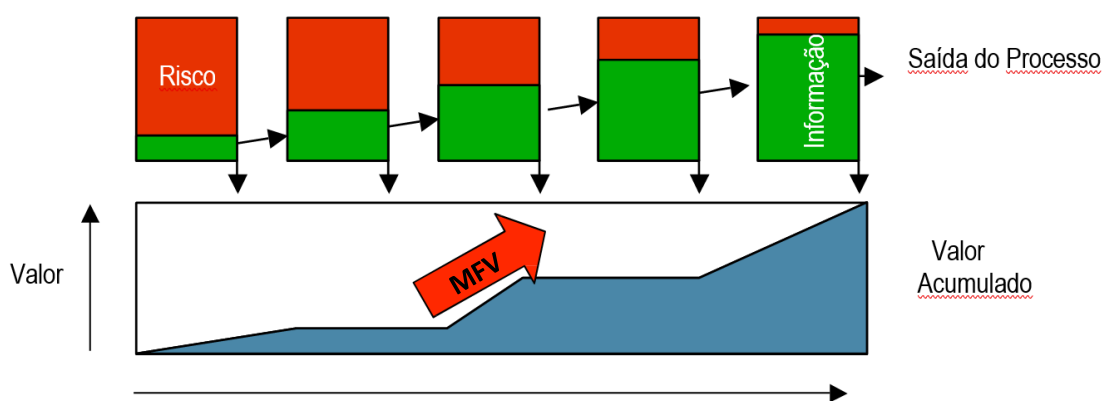


**Figura 7.** Frequência de desperdícios por categoria

Os desperdícios que apareceram mais frequentemente nas publicações selecionadas foram espera, defeitos e transporte. A predominância dessas três categorias sobre as demais pode ser explicada pela hipótese de Oehmen e Rebentisch (2010), que descreve interdependência dos desperdícios: as diferentes categorias de desperdícios formam uma rede causal complexa. Isso significa que, independente da categoria e da ordem de ocorrência, a aparição de determinados desperdícios produzirá um efeito cascata impactando outras categorias de desperdício, que se tornam predominantes. Um exemplo que ilustra este efeito é

a atualização de versões de software sem comunicação prévia, causando uma demora inesperada no processo (Gewehr, 2016).

Os desperdícios de defeito, que em PDP significam informações defeituosas, também foram apontamentos recorrentes nas publicações exploradas. Especificamente no PDP, ocorre algo particular: o nível de informações acerca do projeto é crescente. Isto é, na medida em que atividades são realizadas, informações são acrescentadas. Em face disso, a tendência do valor agregado do projeto também aumenta de acordo com o nível de informação acumulada. O maior risco, segundo as publicações que apontaram desperdícios de defeito, está em iniciar um processo com informações errôneas, pois assim toda a cadeia de atividades estará comprometida (Figura 8).



**Figura 8.** Acúmulo de valor à medida em que informações são coletadas. Adaptado de McManus (2005).

Os desperdícios de transporte representaram a terceira maior frequência dentre todos os desperdícios por categoria. Esse transporte de informação é considerado um desperdício pois, durante o deslocamento físico ou eletrônico dessa informação de um ponto a outro, não existe agregação de valor. Segundo oito das publicações estudadas neste artigo, as principais causas deste tipo de desperdício são comunicação ineficiente e transporte desnecessário de informação.

Com relação aos princípios e ferramentas do LPD, foi possível observar que sua implementação abrangeu o PDP como um todo, isto é, não ocorreu a aplicação de ferramentas com objetivo de impactar pontualmente cada desperdício, mas sim com propósito de melhorar todas as fases nas quais o LPD foi aplicado. Para condensar as ferramentas e práticas do LPD aplicadas nas publicações estudadas, realizou-se o agrupamento das mesmas conforme mostra a Figura 9.



**Figura 9.** Diagrama de ferramentas e práticas do LPD aplicadas

A maioria das publicações analisadas ressaltou a dificuldade de segregação de atividades entre valor e desperdício. Para isso, utilizaram alguma ferramenta de LPD para identificação de causa-raiz dos desperdícios identificados, como uma forma de encontrar as atividades que estariam produzindo os desperdícios que mais impactavam no PDP. Metade das publicações explicita alguma iniciativa relacionada à capacitação de pessoal, seja treinamento técnico, definição e documentação de atividades por equipe, ou implementação de um canal de comunicação ao final de cada projeto. Tendo em vista que um terço das publicações pertencem ao segmento de transporte, justifica-se a preocupação registrada com o envolvimento inicial do fornecedor no PDP, pois neste segmento os fornecedores contribuem com 70% do conteúdo do produto (Leenders et al., 2002).

Para o rastreamento de resultados após a aplicação do LPD, quatorze publicações (87,5%) explicitaram o uso de métricas durante o processo de PDP. O Quadro 7 demonstra, de forma resumida, as métricas que foram detectadas nas publicações analisadas.

**Quadro 7.** Métricas detectadas nas 16 publicações analisadas

| <b>Tipo de métrica</b>                                                    | <b>Métrica</b>                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Métricas de qualidade</b><br>(Total de 3 ocorrências)                  | Quantidade de horas de retrabalho (1)                             |
|                                                                           | Número de erros de desenho do projeto (1)                         |
|                                                                           | Porcentagem de possibilidade de retrabalho (1)                    |
| <b>Métricas financeiras</b><br>(Total de 7 ocorrências)                   | Custo total do projeto (5)                                        |
|                                                                           | Custo de investimento interno (1)                                 |
|                                                                           | Custo de desenho do projeto (1)                                   |
| <b>Métricas de tempo</b><br>(Total de 14 ocorrências)                     | Lead-time (10)                                                    |
|                                                                           | Tempo de ciclo (3)                                                |
|                                                                           | Tempo total de espera por informação (1)                          |
| <b>Métricas de operação</b><br>(Total de 4 ocorrências)                   | Número de atividades reduzidas (2)                                |
|                                                                           | Número de atividades entregues durante um determinado período (1) |
|                                                                           | Quantidade de informação estocada -física ou online- (1)          |
| <b>Métricas de desempenho geral da equipe</b><br>(Total de 2 ocorrências) | FPY – Índice da primeira aprovação do projeto (1)                 |
|                                                                           | Horas/Homem para o desenvolvimento do projeto (1)                 |

O número de ocorrências das métricas demonstra que estas apontam preferencialmente para o uso das métricas financeiras e de tempo. Todavia, existe a oportunidade de estabelecer métricas relacionadas com a qualidade das informações no PDP, as quais atualmente não são tão exploradas devido à sua complexidade.

## 5 Conclusão

Este artigo apresentou de forma detalhada os desperdícios identificados na literatura de 2005 a 2019 através de implementações do *Lean Product Development*. A abordagem da revisão sistemática resultou na identificação de dezesseis publicações. Ressalta-se a escolha deste estudo de selecionar somente estudos que explicitassem os desperdícios localizados através de alguma prática do próprio LPD. Optou-se por trabalhar com essa modalidade no intuito de explorar uma amostragem o mais realista possível. Além disso, através da categorização dos desperdícios conforme a definição de um único autor, buscou-se apresentar o conceito de desperdícios no PDP de uma maneira geral para que as análises fossem úteis para qualquer tipo de empresa.

O baixo número de publicações selecionadas confirma a hipótese de Godbole et al. (2019), de que na literatura existe uma lacuna de aplicações do LPD com todos os seus princípios e práticas.

Em relação às práticas para identificação de desperdícios, foi verificado nas publicações selecionadas que todas utilizaram o mapeamento de fluxo de valor como ferramenta principal. Porém, ao longo da pesquisa, foi possível constatar a dificuldade dos autores de identificar os desperdícios no PDP, o que concretiza o objetivo deste artigo de tornar este conceito mais tangível.

De modo geral, as publicações apresentaram queda significativa nos indicadores de medição de tempo de projeto após aplicação do LPD. Isto é um claro benefício para as empresas, pois tendo em conta a alta concorrência devido à globalização, qualquer redução nesse aspecto traz um impacto positivo para a organização como um todo.

O objetivo geral do trabalho foi atingido, pois através da análise dos artigos selecionados foi elaborado um panorama de como as empresas estão utilizando o LPD nos seus processos e de que forma enfrentam o desafio de identificar e reduzir desperdícios presentes no desenvolvimento de produtos.

## Referências

- Baines, T., Lightfoot, H., Williams, G. M. & Greenough, R. (2006). State-of-the-art in lean design engineering: a literature review on white collar lean. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 220(9), 1539-1547.
- Bauch, C. (2004). *Lean product development: making waste transparent* (Doctoral dissertation).
- Baxter, M. (1998). *Projeto de Produto: Guia Prático para o Desenvolvimento de Novos Produtos*. São Paulo: Edgar Blücher Ltda.
- Beitz, W., Pahl, G., & Grote, K. (1996). Engineering design: a systematic approach. *MRS BULLETIN*, 71.
- Biernarcki, P. & Waldorf, D. (1981). Snowball sampling-problems and chain techniques of referral sampling. *Sociological Methods and Research*, 141, 163.
- Cardoso, P. I. F. D. C. (2017). *Melhoria do processo de desenvolvimento de produtos alimentícios por meio do mapeamento do fluxo de valor*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB.
- Carvalho, A. B., Silva, D. C., Guimarães, G. B., Montovani, J. V. & Araújo, J. C. (2012). Case Study: Lean Concepts – EMBRAER-EVORA wing assembly line. In: *ICIEOM – International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Guimarães, Portugal,
- Clark, K. B. & Fujimoto, T. (1991). *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Boston: Harvard Business School Press.
- de Almeida Biolchini, J. C., Mian, P. G., Natali, A. C. C., Conte, T. U., & Travassos, G. H. (2007). Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. *Advanced Engineering Informatics*, 21(2), 133-151.
- Ellis, G. (2015). *Project management in product development: leadership skills and management techniques to deliver great products*. Butterworth-Heinemann.
- Godbole, H., Esterman, M., Palekar, S., & Arciniegas, A. R. (2019). Successes and Challenges in Implementing Lean Product Development. In: *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol. 59278, p. V007T06A056)*. American Society of Mechanical Engineers.
- Keyte, B., & Locher, D. A. (2016). *The complete lean enterprise: Value stream mapping for administrative and office processes* (2a ed.). CRC Press.
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1), 7-15.
- Leenders, M.R., Fearon H.E., Flynn A.E., & Johnson P.F. (2002). *Purchasing and Supply Chain Management*, McGraw-Hill (2002).

- León, H.C.M., and Farris, J.A. (2011). Lean product development research: current state and future directions, *Engineering Management Journal*, 23 (1): 29-51.
- Locher, D. A. (2008). *Value stream mapping for Lean Development: a how-to guide for streamlining time to market*. CRC Press
- Mascitelli, R. (2007). *The lean product development guidebook: everything your design team needs to improve efficiency and slash time-to-market*. Technology Perspectives.
- McManus, H. L. (2005). Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual Release 1.0.
- Morgan, J. M., & Liker, J. K. (2006). The Toyota product development system (Vol. 13533). New York: Productivity Press.
- Oehmen, J., & Rebentisch, E. (2010). *Waste in lean product development*. Lean Advancement Initiative.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. CRC Press.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Rozenfeld, H., Forcellini, F. A., Amaral, D. C., Toledo, J. C. de, Silva, S. L da; Alliprandini, D. H. & Scalise, R.K. (2006). *Gestão de Desenvolvimento de Produtos – Uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva.
- Shingo, S. (1996). *O sistema Toyota de produção*. Bookman Editora.
- Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., (2000), Product Design and Manufacturing, The McGraw-Hill Inc., ISBN 0-07-229647-X
- Wang, L., Ming, X. G., Kong, F. B., Li, D. & Wang, P. P. (2012). Focus on implementation: a framework for lean product development. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Womack, J. P., DT Jones y D. Ross (1991), The Machine that changed the world, Nueva York.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Simon & Schuster*.

## Apêndice A1. Desperdícios encontrados sumarizados por categoria

| <b>Categoria de desperdício</b> | <b>Desperdícios explicitados nas publicações</b>                                           |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Espera</b>                   | Espera por documentação ou liberação de verba interna;                                     |
|                                 | Atraso na revisão do desenho do produto;                                                   |
|                                 | Falta de retorno do cliente quanto aos requisitos (produto sob medida);                    |
|                                 | Concentração de solicitações em um só colaborador, causando gargalo;                       |
|                                 | Problema inesperado nos sistemas internos.                                                 |
| <b>Transporte</b>               | Comunicação de informações precárias entre as sub-áreas do projeto;                        |
|                                 | Não envolvimento prévio do fornecedor no PDP;                                              |
|                                 | Erros não comunicados da maneira correta;                                                  |
|                                 | Inexistência de um canal de comunicação formal;                                            |
|                                 | Não envolvimento do cliente (produto sob medida).                                          |
| <b>Movimentação</b>             | Hierarquia dificultando a comunicação;                                                     |
|                                 | Inexistência de fluxo definido para a informação;                                          |
|                                 | Poderees limitados;                                                                        |
|                                 | Informação disponibilizada incompleta;                                                     |
|                                 | Iterações em demasia;                                                                      |
|                                 | Uso inapropriado de ferramentas;                                                           |
|                                 | Processos sendo executados consecutivamente sendo que poderiam ser realizados em paralelo; |
|                                 | Definição de escopo ineficiente.                                                           |
| <b>Estoque</b>                  | Informações chegando em grandes lotes;                                                     |
|                                 | Armazenamento excessivo de dados;                                                          |
|                                 | Inventário físico de documentos;                                                           |
|                                 | Informação obsoleta.                                                                       |
| <b>Superprodução</b>            | Revisão excessiva do desenho do projeto;                                                   |
|                                 | Relatórios muito elaborados para equipe não capacitada;                                    |
|                                 | Conferência de qualidade em excesso;                                                       |
|                                 | Realização do desenho do produto prematuramente;                                           |
|                                 | Muitos sistemas utilizados.                                                                |

| <b>Categoria de desperdício</b>      | <b>Desperdícios explicitados nas publicações</b>                                  |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Defeitos</b>                      | Correções do projeto;                                                             |
|                                      | Dados ou informações erradas nas especificações e funcionalidades do produto;     |
|                                      | Testes e verificações pobres;                                                     |
|                                      | Revisões incompletas;                                                             |
|                                      | Levantamento de requisitos inadequado;                                            |
|                                      | Compreensão inadequada das informações;                                           |
|                                      | Foco apenas no lançamento do produto, deixando de lado a captura do conhecimento. |
| <b>Reinvenção</b>                    | Reutilização pobre de informações de projetos anteriores;                         |
|                                      | Inexistência de feedback após conclusão de projetos;                              |
|                                      | Falta de biblioteca de projetos;                                                  |
|                                      | Solicitação de análises de componentes similares ou já existentes;                |
|                                      | Não utilização de experiências anteriores;                                        |
|                                      | Benchmarking fraco ou ausente.                                                    |
| <b>Falta de disciplina</b>           | Resistência por parte da equipe;                                                  |
|                                      | Equipes sobrecarregadas;                                                          |
|                                      | Falta de planejamento das atividades das equipes;                                 |
|                                      | Problemas de comportamento por parte da equipe;                                   |
|                                      | Falta de treinamento;                                                             |
|                                      | Metas obscuras;                                                                   |
| <b>Limitações nos recursos de TI</b> | Falta de capacidade de pessoal para utilizar os softwares disponíveis;            |
|                                      | Disponibilidade baixa do sistema;                                                 |
|                                      | Arquivos em versões diferentes;                                                   |
|                                      | Interface de software inapropriada, de difícil uso;                               |
|                                      | Baixa capacidade em termos de velocidade, confiabilidade e ergonomia.             |