



## VII Congresso de Sistemas LEAN

"Contribuições do Lean à gestão em tempos de crise"

### ***Framework* baseado em práticas e ferramentas do *Lean Product Development*: Case de elevador com plataforma de acessibilidade**

Fernando Henrique Lermen (UFRGS) – fernando-lermen@hotmail.com

Márcia Elisa Soares Echeveste (UFRGS) – echeveste.mar@gmail.com

Carla Beatriz da Luz Peralta (UNIPAMPA) – carlablp@gmail.com

Tatiany Oleques Lukrafka (UFRGS) – tatianyoleques@yahoo.com.br

#### **Resumo:**

**Objetivo(s):** Propor um *framework* com ferramentas e práticas do *LPD*, que ofereça a gestores, engenheiros de produto e acadêmicos um guia customizável para implementar o *LPD* de acordo com a metodologia diamante adaptando o mesmo a demanda de cada empresa.

**Metodologia/abordagem:** Utilizou-se como fonte de dados a técnica de revisão de literatura, com uma amostra inicial de 114 estudos selecionados de *LPD*, foram selecionados 17 estudos e 41 ferramentas/práticas. Em seguida, criou-se uma análise comparativa entre elas, que posteriormente foram distribuídas ao longo de cada fase referida em cada fonte analisada. Com o *framework* desenvolvido, foi aplicado um estudo de caso em uma indústria de elevadores.

**Resultados:** Tem-se um *framework* customizável que: (1) reúne em um mesmo instrumento o conhecimento até então disperso em diversos trabalhos focados em partes do *LPD*; (2) consiste em uma gama de práticas e ferramentas organizadas em cada fase do *LPD* para que a equipe selecione de acordo com o tipo de produto quais ferramentas são adequadas; (3) facilita o aprendizado e a visão sistêmica das técnicas e práticas do Lean aplicáveis no processo de DP.

**Implicações práticas:** Na aplicação do estudo de caso, nota-se que o *framework LPD* conseguiu preparar o projeto de desenvolver o elevador com plataforma de acessibilidade para a manufatura.

**Palavras-chave:** *Lean, LPD, Framework*, práticas, ferramentas.

#### **Abstract:**

**Aims(s):** To propose a framework with tools and practices of *LPD*, which offers managers, product engineers and academics a guide customizable to implement *LPD* according to the diamond methodology, adapting the same to the demand of each company. To propose a framework with tools and practices of *LPD*, which offers managers, product engineers and academics a customizable guide to implement *LPD* according to the diamond methodology, adapting the same to the demand of each company.

**Methodology:** The literature review technique was used as data source, with an initial sample of 114 selected *LPD* studies, 17 studies and 41 tools / practices were selected. Then, a comparative analysis was created between them, which were later distributed throughout each mentioned phase in each analyzed source. With the framework developed, a case study was applied in an elevator industry.

**Results:** There is a customizable framework that: (1) gathers in one instrument the knowledge previously dispersed in several works focused on parts of the *LPD*; (2) consists of a range of practices and tools organized in each phase of the *LPD* so that the team selects according to the type of product which tools are appropriate; (3) facilitates the learning and systemic view of Lean techniques and practices applicable in the PD process.



**Practical Implications:** In the application of the case study, it is noticed that the LPD framework was able to prepare the project to develop the lift with accessibility platform for the manufacture.

**Keywords:** Lean, LPD, Framework, tools, practices.

## 1. Introdução

O sucesso das organizações modernas depende da quantidade de produtos que são inseridos e bem sucedidos no mercado (HU et al., 2017). Muitas delas, contudo, possuem uma gama crescente de pressões empresarias que impactam diretamente nas operações de fabricação (LEE et al., 2008). Em estratégias de inovação, o nível empresarial possui um foco crescente em atividades inovadoras, de alto valor e altamente qualificadas (ZHANG et al., 2017). Dentre estas atividades, encontra-se o Desenvolvimento de Produto (DP), que pode ser conduzido de distintas maneiras, como, fornecendo aos produtos recursos, funções e tecnologias, que contribuem para manter os clientes entusiasmados afetando o aumento da participação do mercado (MALLIK & CHHAJED, 2006; GAUTAM & SINGH, 2008).

Para isso, há a filosofia *lean*, considerada relevante para a o setor de produção de uma empresa de manufatura. No entanto, Morgan e Liker (2006) relatam que esta abordagem também pode ser aplicada em larga escala fora das operações de manufatura, em áreas onde se empregam os princípios *lean*, como no DP. Os defensores da filosofia já enfatizaram a utilização da metodologia em distintas organizações, porém sem uma implementação adequada. Esse cenário começou a mudar nos últimos 20 anos, quando pesquisadores passaram a unir *lean* e DP, no que foi denominado *Lean Product Development* (LPD), abordando tópicos como: desperdícios em processos de DP (NEPAL et al., 2011; LIDLÖFF et al., 2013), ferramentas e práticas para o LPD (LETENS et al., 2011; HOPPMANN et al., 2011; TORTORELLA et al., 2015) e barreiras em LPD (LEÓN & FARRIS, 2011).

Dentre os autores pesquisados, poucos trabalhos dispõem uma abordagem passo a passo em forma de *framework* para a transição de cada atividade principal existente no LPD, fato apoiado por diversos autores (HAQUE & JAMES-MOORE, 2004; COOPER & EDGETT, 2008; LETENS et al., 2011). Assim, este artigo buscou desenvolver um framework de LPD para as empresas que possuem um DP estruturado, com intuito eliminar os desperdícios e otimizar o fluxo de informação nessas organizações.

O presente artigo está organizado da seguinte forma. Na próxima seção, os estudos anteriores sobre o LPD revisados, que constroem uma base para a abordagem proposta. Na Seção 3, está disposto o método proposto para o desenvolvimento do framework e sua aplicação. A Seção 4 apresenta o *framework* de LPD, seus processos detalhados e um estudo



de caso aplicado em uma indústria de elevadores. Finalmente, esta pesquisa termina com conclusões que incluem contribuições, limitações e orientações para pesquisas futuras.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Definição do LPD

O *LPD* é um conjunto de práticas e fluxos de valor operacional que devem ser projetados para executar de forma consistente as atividades de DP de forma eficaz e eficiente, por meio da criação de conhecimento utilizável através da aprendizagem (WARD, 2007). Nesse sentido, o *LPD* é um *job shop* de conhecimento, e, como tal, pode ser continuamente aprimorado usando ferramentas adaptáveis aos processos de manufatura repetitivos, como mapeamento do fluxo de valor e teoria de filas, quanto para eliminar desperdícios e sincronizar atividades multifuncionais (FLORES et al., 2011).

Machado e Toledo (2006) comparam a aplicação dos cinco princípios enxutos de Womack e Jones (2003) em relação ao chão de fábrica e ao desenvolvimento de produtos. No primeiro caso, segundo os autores, é utilizado um sistema metódico onde o produto é facilmente visualizado, seus aspectos são relacionados com os princípios de: definir valor; identificar o fluxo de valor; fazer o fluxo de valor; puxar a partir da demanda do cliente; e, buscar a perfeição (KARIM & ZAMAN, 2013). Por outro lado, no segundo caso, ocorre uma dificuldade de visualizar as metas e filtrar os conhecimentos necessários, uma vez que seu processo não é tão tangível como um processo de manufatura (VENKATAMUNI & RAO, 2010; FIORE, 2005).

Rossi et al. (2012) sugerem uma metodologia de cinco passos para melhorar um processo existente de *LPD*: (i) identificar e avaliar os desperdícios, (ii) priorizar os desperdícios, (iii) analisar a situação atual a nível de subprocessos, (iv) analisar as situações críticas dos subprocessos e (v) implementar ações corretivas. Em termos de estrutura, Womack et al. (1991) identificaram quatro características principais de *LPD*, sendo elas, liderança, trabalho em equipe, comunicação e desenvolvimento simultâneo.

Da mesma forma, Morgan e Liker (2006) descreveram uma abordagem sistêmica para *LPD* em que 13 princípios são distribuídos em três subsistemas (processos, pessoal habilitado e ferramentas & tecnologias) que interagem constantemente uns com os outros. De acordo com os autores, a boa aplicação desses princípios permite o alcance de resultados sustentáveis que apoiarão a vantagem competitiva da empresa.



## 2.2. Práticas de LPD

Diversos métodos têm sido propostos para melhorar o processo de DP convencional, porém, não são suficientes para alcançar os tipos de melhorias inovadoras observadas em LPD (FLORES et al., 2011; MORGAN & LIKER, 2006; LETENS et al., 2011). Grande parte da literatura de LPD concentra-se em sugerir soluções a um número de problemas que podem ser encontrados comumente no LPD (HINES et al., 2006; KOSONEN & BUHANIST, 1995). No entanto, ferramentas e técnicas com foco na integração e coordenação de desenvolvimento de produto são essenciais para melhorar o fluxo dentro da organização como um todo (LETENS et al., 2011; RAUNIAR & RAWSKI, 2012).

Wang et al. (2012) argumentam que existem três principais aspectos necessários para o estabelecimento de LPD: (i) experiência em grupos de projeto, (ii) design e desenvolvimento de produto e (iii) engenheiro-chefe e técnicas de organização. Womack et al. (1991), identificaram um conjunto de práticas de LPD principais, sendo elas, a existência de gerentes de projeto, equipes multifuncionais, tomada de decisão envolvendo todos os membros da equipe e engenharia simultânea. A Tabela 1 apresenta a frequência das práticas e ferramentas do LPD utilizadas por 17 estudos que apresentaram *frameworks* estruturados de LPD, totalizando em 41 ferramentas/práticas, que foram essenciais para desenvolver o novo *framework*.

A prática de liderança do engenheiro-chefe é citada por 15 dos 17 autores investigados na Tabela 1. O engenheiro-chefe (*Shusa*) segue uma visão compartilhada da companhia e é responsável pela definição dos projetos a serem desenvolvidos e do produto a ser produzido e comercializado (MATSUI et al., 2007; KHAN, 2012).

## 2.3. Identificação dos frameworks existentes de LPD

Na área de gestão de operações, *Framework* é um instrumento usado para discutir a metodologia que se deve seguir para alcançar os objetivos da organização (AALBREGTSE et al. 1991). Um framework é proposto como um conjunto de elementos, ferramentas, técnicas e também relata a metodologia que deve ser adaptada para utilizar na organização (POOPER, 1994).



**Tabela 1 - Práticas de LPD de framework estruturados**

Práticas de LPD	Ward <i>et al.</i> , (1995)	Sobbeek <i>et al.</i> , (1998)	Sobbeek <i>et al.</i> , (1999)	Kenney <i>et al.</i> , (2003)	Oliveira <i>et al.</i> , (2004)	Haque and Jamal-Moore <i>et al.</i> , (2004)	Kato <i>et al.</i> , (2005)	Morgan and Liker <i>et al.</i> , (2006)	Ward <i>et al.</i> , (2007)	Cooper and Edgett <i>et al.</i> , (2008)	Kenney and Rebenitch <i>et al.</i> , (2008)	Oehmen and Bergmann <i>et al.</i> , (2010)	Oppenheim <i>et al.</i> , (2011)	Khan <i>et al.</i> , (2011)	Wang <i>et al.</i> , (2012)	Total	
Engenheiro Chefe (Shusa)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15
Curvas de <i>Trade-off</i>	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14
Construir o protótipo	X	X	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	13
Lista de Verificação	X	X	X	X		X	X	X			X	X		X			11
Relatório da atuação do produto	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X		X	11
Gestão de Portfólio		X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		10
<i>Set-Based Concurrent Engineer</i>	X			X	X	X	X	X	X					X	X	X	10
Avaliação do ciclo de vida		X						X	X	X		X	X	X	X	X	9
Estrutura Analítica do Projeto	X	X	X	X		X		X			X		X			X	9
A3-PDCA		X		X		X	X	X		X		X			X	X	9
<i>Quality Function Deployment</i>	X	X	X			X	X							X	X	X	8
<i>DfX (Design for Excellence)</i>					X	X	X	X						X	X	X	8
Mapa de <i>Stakeholders</i>						X	X				X		X	X	X	X	7
Relatório A3		X				X	X	X	X	X		X			X		7
Instalar a <i>Obeya</i>				X			X	X	X	X		X			X		6
<i>Kanban Board</i>	X						X					X	X	X		X	6
Matriz Pugh			X		X		X			X					X	X	6
Indicadores de Desempenho									X	X	X		X	X		X	6
<i>Kaizen Blitz</i>				X			X					X		X	X		5
<i>Genchi &amp; Genbustu to Gemba</i>				X			X	X				X			X		5
Relatório de Parar o Produto	X								X			X	X	X			5
<i>Nemawashi</i>			X				X					X			X		4
<i>Functional Modeling</i>	X	X					X								X		4
Engenharia de Valor	X		X				X									X	4
<i>Hansei</i>							X			X		X			X		4
<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>							X				X		X		X		4
<i>Jidoka</i>							X					X			X		3
<i>Just in time</i>	X											X	X				3

**Tabela 1 - Práticas de LPD de framework estruturados (continuação)**



Práticas de LPD	Ward etal. (1995)	Sobbeke etal. (1998)	Sobbeke etal. (1999)	Kennedy (2003)	Oliveira etal. (2004)	Haque and Jamal-Moore (2004)	Kato (2005)	Morgan and Liker (2006)	Ward (2007)	Cooper and Edgett (2008)	Kennedy etal. (2008)	Oehmen and Rebenitch (2010)	Bergman (2010)	Oppenheim etal. (2011)	Letens etal. (2011)	Khan etal. (2011)	Wang etal. (2012)	Total
<i>SPC (Statistics Process Control)</i>				X					X				X					3
<i>DOE (Design of Experiments)</i>						X				X				X				3
<i>Poka Yoke</i>												X	X				X	3
Identificar o <i>Sensei</i>	X								X									2
Matriz Morfológica	X												X					2
<i>Cost Modelling</i>											X			X				2
<i>Andon</i>										X						X		2
<i>SMED</i>										X						X		2
Matriz BCG		X																1
Mapa de Empatia	X																	1
<i>KJ Analysis</i>																	X	1
<i>3P (Preparation/Product/Process)</i>								X										1

Conclusão.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para implementar os princípios do *LPD* em uma indústria, vários pesquisadores, profissionais e consultores propuseram diferentes *frameworks LPD*. Esses *frameworks LPD* estão fornecendo assistência para atingir metas organizacionais na área de desenvolvimento de produtos e para atender as necessidades dos clientes. A Tabela 2 apresenta as fases do *LPD* citado por 17 autores que desenvolveram *frameworks* estruturados.



**Tabela 2 - Fases do Lean Product Development.**

Fases do LPD	Ward (1995)	Sobek (1998)	Sobek (1999)	Kenneedy (2003)	Oliveira (2004)	Haque (2005)	Morgan (2007)	Cooper (2008)	Kennedy (2008)	Oehmen (2010)	Oppenheim (2011)	Letens (2011)	Khan (2011)	Wang (2012)
Estratégias e Portfólio	X		X				X	X	X	X	X	X	X	X
Gestão de Projetos								X	X	X	X	X	X	X
Necessidades e Requisitos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistema Conceitual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Projeto Detalhado				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Teste e Validação	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Manufaturar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lançamento do produto			X	X	X	X	X		X	X		X	X	X
Monitorar e Descontinuar			X		X		X		X		X	X	X	X

As fases Necessidades e Requisitos e Manufaturar foram utilizadas pelos 17 autores, seguidos da fase Teste e Validação (15 autores). Essas fases propostas nos *frameworks* estruturados dos autores (Tabela 2) foram utilizadas para desenvolver o novo *framework* de LPD contendo as práticas e ferramentas dos autores da Tabela 1.

### 3. Método proposto

A pesquisa possui uma abordagem qualitativa, classificando-se quanto aos fins como exploratória, descritiva, explicativa e metodológica; e, quanto aos meios como bibliográfica. O método de pesquisa foi dividido em três etapas: (i) pesquisa das práticas, ferramentas e fases utilizadas pelos autores com *frameworks* estruturados de LPD; (ii) montar o *framework* de LPD com base na etapa anterior; e (iii) detalhar os processos do *framework* desenvolvido.



Na primeira etapa realizou-se uma busca em bases de dados *Emerald*, *EBSCO*, *ScienceDirect*, *Springer* e *Taylor & Francis* usando as seguintes palavras-chave: *lean*, *product*, *new product development*, *lean product development* e *framework*. O uso de múltiplas palavras-chave resultou uma amostra inicial de 114 estudos, porém foram selecionados apenas os estudos que desenvolveram *frameworks* estruturados de *LPD*, totalizando em 17 estudos e 41 ferramentas/práticas, que foram essenciais para desenvolver o novo *framework*.

Na segunda etapa, foi desenvolvido o *framework* customizável de *LPD*, onde o mesmo, é baseado do processo de desenvolvimento de produto de Rozenfeld et al. (2006) e do *lean product development* de Morgan e Liker (2006) e Ward (2007). O processo de desenvolvimento do produto de Rozenfeld et al. (2006) é representado por um modelo referencial dividido em três macro-fases e nove fases, sendo elas: pré-desenvolvimento (planejamento estratégico de produtos e planejamento do projeto), desenvolvimento (projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento do produto) e pós-desenvolvimento (acompanhamento do produto/processo e descontinuidade do produto), enquanto de *lean product development* de Morgan e Liker (2006) é composto de sete fases: conceito, estilo, projeto com *CAD*, protótipo, engenharia de produção, ferramentaria e lançamento. O modelo de *LPD* de Ward (2007) está composto por quatro práticas para atingir o foco no valor para o cliente, sendo elas: liderança do projeto empreendedora, gerenciamento *lean* do projeto, time de especialistas responsáveis e engenharia simultânea (*set-based concurrent engineering*). Com isso, desenvolveu-se o *framework* de *LDP* contempla práticas e ferramentas customizáveis, agrupando etapas semelhantes e as práticas e ferramentas anteriormente citadas.

Na última etapa foram detalhados os processos do *framework* de *LPD*, abordando as etapas que podem ser seguidas se as práticas e ferramentas forem selecionadas pelo *shusa* do projeto em desenvolvimento.

## **4. Resultados**

### *4.1. Framework LPD proposto*

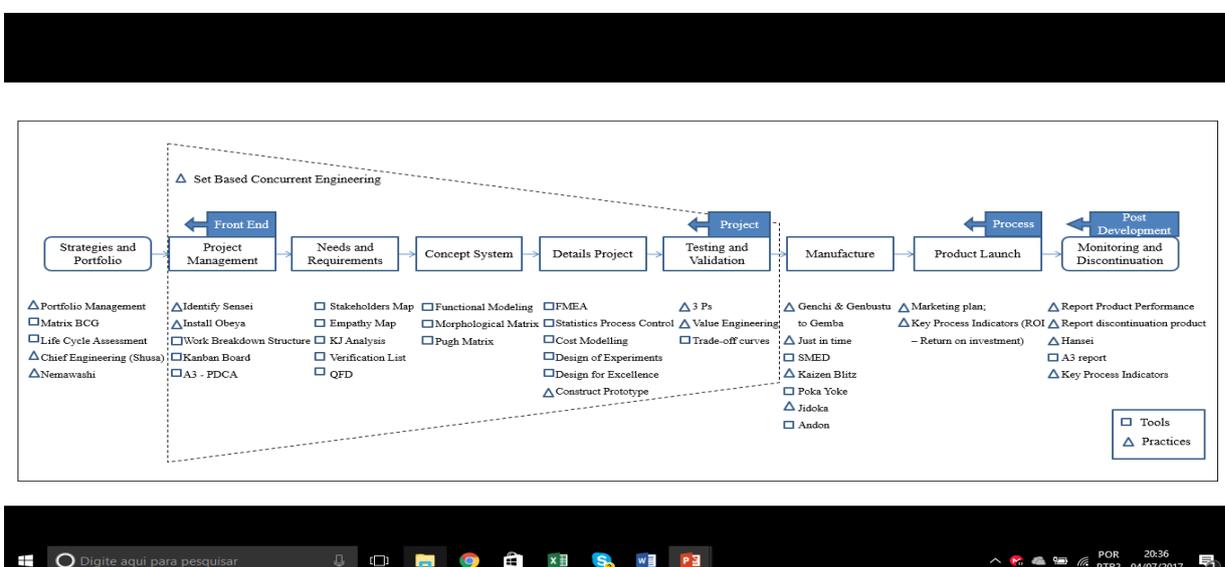
O *framework* desenvolvido é composto por quatro macro-fases e nove fases, sendo elas: *Front End* (Estratégias e portfólio e Gestão de projetos), Projeto (Necessidades e requisitos,



Sistema conceitual, Projeto detalhado e Teste e validação), Processo (Manufaturar e Lançamento do produto) e Pós-Desenvolvimento (Monitorar e Descontinuar).

Nas fases do *LPD* estão dispostas práticas e ferramentas a serem aplicadas nas empresas, além disso, a prática do *Set-Based Concurrent Engineering* está entre as fases de Gestão de projetos e Teste e validação, esta prática considera amplamente os conjuntos de possíveis soluções e gradualmente estreita o conjunto de possibilidades para convergir para uma solução final (SOBEK et al., 1999). Contrariamente aos processos sequenciais anteriores, o *framework* proposto é customizável, pois o *LPD* inclui as práticas e ferramentas que podem ser adaptáveis, como apresentado na Figura 1.

FIGURA 1 - Framework de Lean Product Development.



Conforme mostrado na Figura 1, o *framework* de *LPD* auxilia na seleção de práticas e ferramentas de acordo com o grau de novidade e complexidade de cada produto a ser desenvolvido.

#### 4.2. Processo Detalhado do Framework de LPD

O *framework* de *LDP* está dividido em quatro macro-fases (*front end*, projeto, processo e pós-desenvolvimento). A macro-fase do *Front End* está subdividida em duas fases com processos internos a serem realizados, são elas: Estratégias e Portfólio (Selecionar os melhores projetos; Avaliar o conceito do ciclo de vida do produto; Avaliar e quantificar os impactos ambientais do produto; Escolher os melhores projetos a serem desenvolvidos) e Gestão de Projetos (Identificar o *sensei* (líder); Instalar uma sala *obeya*; Subdividir as entregas; Otimizar o fluxo de trabalho; Identificar as premissas e melhores soluções).



Já a macro-fase Projeto, está subdividida em quatro fases com processos internos a serem realizados, sendo elas: Necessidades e Requisitos (Mapear os *stakeholders* envolvidos; Determinar os desejos e necessidades dos *stakeholders*; Agrupar as opiniões e informações de acordo com a afinidade; Elaborar um *checklist* para que os dados sejam coletados facilmente; Quantificar os requisitos que vão de encontro com as necessidades do consumidor), Sistema Conceitual (Definir a função dos processos internos do sistema com auxílio de diagrama de fluxo de dados; Desenvolver conjuntos de alternativas; Comparar vários conceitos e optar pelo melhor), Projeto Detalhado (Sistematizar um grupo de atividades para detectar possíveis falhas e avaliar os efeitos das mesmas para o projeto/processo; Monitorar e controlar os projetos para sair um produto conforme; Reduzir o custo e estimar elementos com princípios validados; Planejar os experimentos para definir quais dados coletar em um determinado experimento possibilitando maior precisão estatística e menor custo; Definir o design para cada setor de desenvolvimento do projeto; Desenvolver o protótipo de maneira prática e inteligente) e Teste e Validação (Estruturar um experimento com as equipes dos projetos e desenhar o processo produtivo para avaliar o melhor projeto; Aplicar os conceitos da engenharia de valor para atingir o melhor valor do produto com menor custo; Analisar os gráficos de interação de cada projeto para avaliar o melhor projeto; *Shusa* deve escolher o melhor projeto).

A macro-fase denominada Processo está subdividida em duas fases com processos internos a serem realizados, são elas: Manufaturar (O *sensei* e toda sua equipe deve frequentar o chão de fábrica para identificar os problemas na fonte; Determinar tudo que deve ser produzido, transportado ou comprado na hora exata; Reduzir o tempo de preparação –*setup*– de equipamentos, minimizando períodos não produtivos no *Gemba*; Reunir os colaboradores de diversos setores durante uma semana para identificar e melhorar os processos; Aplicar mecanismos para evitar erros e defeitos na produção e no desenvolvimento de atividades; Automação do processo; Sinalizações da produtividade e falhas no processo) e Lançamento do produto (Desenvolver processo de vendas; Desenvolver processo de distribuição; Promover marketing de lançamento; Lançar produto).

Já a última macro-fase de pós-desenvolvimento, está subdividida em apenas uma fase, a de Monitorar e Descontinuar que tem os seguintes processos internos: Descrever o desempenho do produto no mercado; Registrar o plano de vida do produto (descontinuar); Refletir sobre o projeto para admitir os erros; Preencher o relatório A3 com base no *hansei*



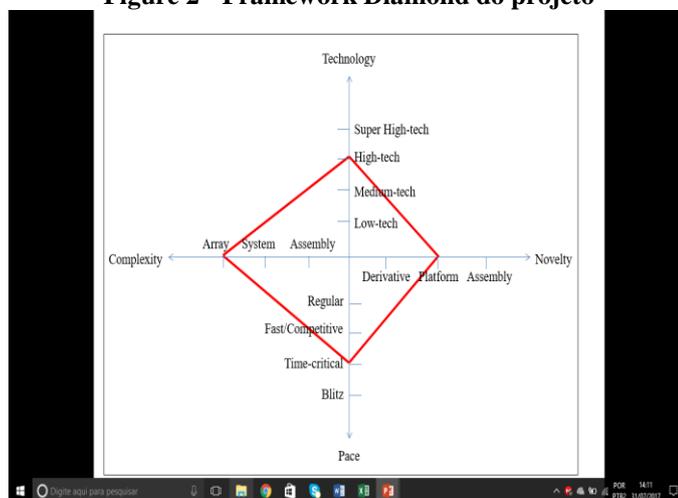
propondo solução para os problemas e resultados chave; Medir o desempenho do *LPD* por meio de indicadores de desempenho.

#### 4.3. Case do elevador com plataforma de acessibilidade

O estudo de caso deste artigo é derivado de um projeto para testar o framework LDP em uma indústria de elevadores do estado do Rio Grande do Sul – Brasil, a empresa é líder mundial no segmento de elevadores. Sua produção é descentralizada com fábricas na Europa, Ásia e América.

Para avaliar quais práticas e ferramentas no projeto de um elevador com plataforma de acessibilidade, utiliza-se o Diamond Framework de Shenhar e Dvir (2007) que possui quatro eixos/dimensões que compreendem três ou quatro tipos de projetos, sendo eles: Novidade (*derivate, platform* ou *assembly*), Tecnologia (*low-tech, medium-tech, high-tech* ou *superhigh-tech*), Complexidade (*assembly, system* ou *array*) e Urgência (*regular, fast/competitive, time-critical* ou *blitz*). Para isso, a Figura 2 apresenta o *framework* diamante para esse tipo de projeto.

Figure 2 - Framework Diamond do projeto

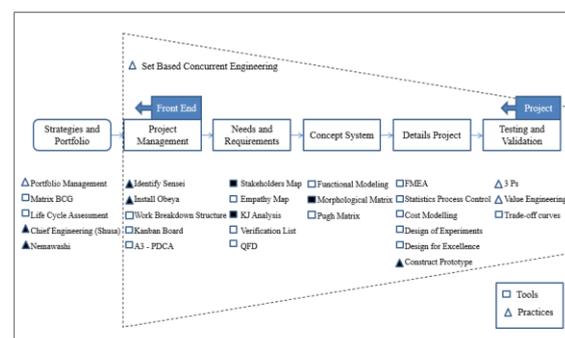


Para o projeto a ser desenvolvido, nota-se que é de médio grau de novidade e alta complexidade, o tempo que o projeto tem para ser desenvolvido é crítico e o produto tem tecnologia alta, por ser um projeto diferente aos elevadores desenvolvidos pela empresa. Este resultado pode embasar a identificação do estilo de gerenciamento exigido; analisar a adequação do estilo exigido com o estilo aplicado; apoiar a comunicação entre o *Shusa* e a equipe do projeto; e identificar os riscos e benefícios associados ao projeto.



Para isso, neste estudo de caso aplicou-se o *framework* de LPD, como apresentado na Figura 3, onde foram selecionadas algumas das práticas e ferramentas das macro-fases *Front End* e Projeto, para com isso, escolher o produto que será manufaturado.

Figura 3 - Framework de LPD da ilustração



Na primeira fase, foi escolhido o engenheiro chefe (*shusa*) do projeto, sendo o gerente de produto da empresa. E foi feito o *nemawashi* onde foram propostas ideias de projetos, nas quais o *shusa* optou por desenvolver um elevador com plataforma de acessibilidade.

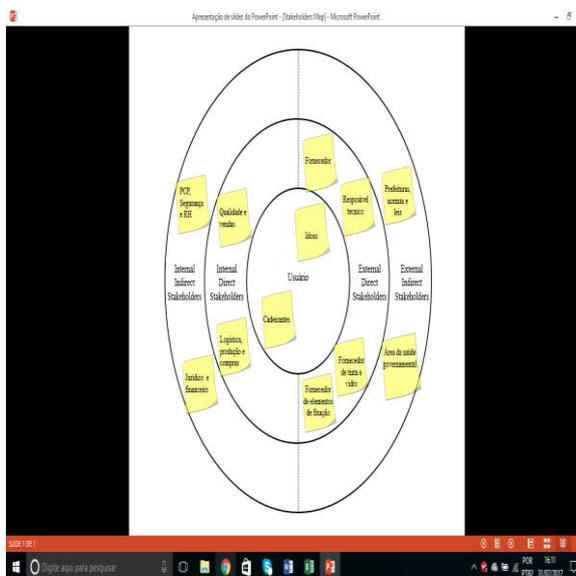
Na fase de gestão de projetos, foi identificado o *sensei* do produto a ser desenvolvido, sendo ele o gerente de marketing da empresa e assim foi instalada a sala *obeya* do projeto, dispondo de todas as ferramentas a serem desenvolvidas.

Na terceira fase, foram mapeados os *stakeholders* envolvidos no projeto, como apresentado na Figura 4. Após isso, foram identificadas os requisitos do produto, como apresentado na Figura 5. Na próxima fase, após identificadas as necessidades do produto, foi desenvolvida a matriz morfológica como apresentada na Tabela 3.

Com a realização da matriz morfológica, nota-se que os usuários do produto em desenvolvimento têm opções para acessar, acionar e iluminar o elevador com plataforma de acessibilidade.



**Figura 4 – Mapa de stakeholders**



**Figura 5 – Requisitos do produto**

Facilidade de locomoção	Comprimento das barras de apoio	80cm
Facilidade de locomoção	Fixação das barras de apoio	Aparafusada na alvenaria
Facilidade de locomoção	Material das barras de apoio	Aço inox
Facilidade de locomoção	Altura das barras de apoio	1,20m
Facilidade de locomoção	Inclinação das rampas	<= 8%
Segurança contra escorregões	Resistência do piso	PEI-4
Segurança contra escorregões	Grau de aspereza	AC >= 0,5
Segurança contra escorregões	Dimensões	60x60cm.
Proteção contra impactos em estruturas e móveis	Cantoneiras de proteção em espuma autoadesiva	Largura igual a 6cm / Espessura >= 6mm
Ambiente bem iluminado	Tipo de lâmpada	Led
Ambiente bem iluminado	Intensidade da iluminação	1500 lux
Ambiente confortável para ficar sentado	Altura das poltronas	60cm

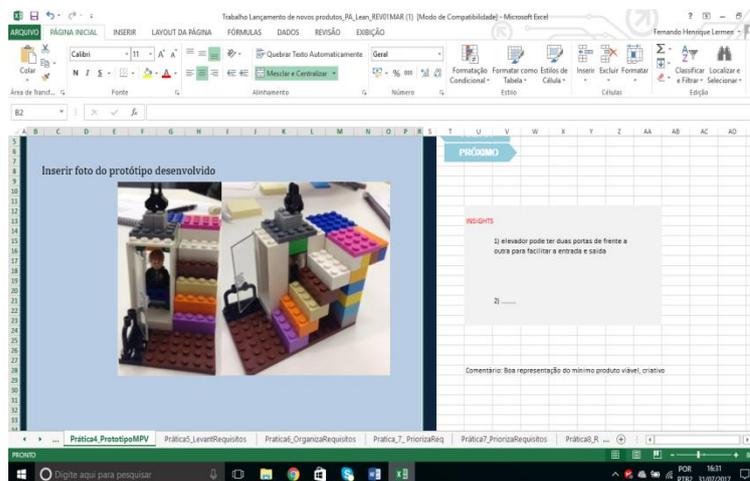
**Tabela 3 - Matriz Morfológica**

	Princípio solução 1	Princípio solução 2	Princípio solução 3
Acessar			
Acionar			
Iluminar			



Após isso, na fase de projeto detalhada foi realizado o protótipo do produto, como apresentado na Figura 6.

**Figura 6 – Protótipo do elevador com plataforma de acessibilidade**



## 5. Considerações Finais

Como resultado, ao final desta pesquisa, tem-se um *framework* customizável que reúne o conhecimento até então disperso em diversos trabalhos focados em partes do *LPD* e consiste em uma gama de práticas e ferramentas organizadas em cada fase do *LPD* para que a equipe selecione de acordo com a metodologia diamante quais práticas e ferramentas são adequadas para o tipo de projeto a ser desenvolvido.

Na aplicação do estudo de caso, nota-se que o *framework LPD* conseguiu desenvolver o elevador com plataforma de acessibilidade, por haver um processo similar ao atual, o projeto foi de acordo com a metodologia diamante de alta tecnologia, novidade plataforma, com tempo crítico e alta complexidade, sendo necessárias apenas algumas ferramentas e práticas para serem aplicadas, onde foi avaliada a viabilidade físico-química e econômica do novo produto.

Este trabalho contribui para o desenvolvimento de uma perspectiva didática do processo, auxiliando a implementação do *LPD*, nivelando o conhecimento *Lean* e facilitando o aprendizado e a visão sistêmica das técnicas e práticas do *Lean* aplicáveis no processo de DP. Para estudos futuros, pretende-se desenvolver um objeto de aprendizagem de *LPD* por meio de um aplicativo/site que reúne um conjunto de ferramentas para auxiliar na seleção e na aplicação de metodologias *Lean* nas etapas que integram o processo de DP.



## REFERÊNCIAS

- AALBREGTSE, R. J; HEJKA, J. A; MCNELEY, P. K. **TQM: how do you do it?**. *Automation*. v. 38, n. 8, p. 30-32, 1991.
- BERGMAN, C. **How lean is Swedish product development?: a study of lean practices in large Swedish companies**. Thesis (Master in Mechanical Engineering). Örebro University, Örebro, Sweden, 2010.
- COOPER, R. G; EDGETT, S. J. **Maximizing productivity in product development**. *Research Technology Management*. v. 51, n. 2, p. 47-58, 2008
- FIORE, C. **Accelerated product development: combining lean and six sigma for peak performance**. New York: Productivity Press, 2005.
- FLORES, M; CABELLO, A; TORREDEMÉR, L; AGRAWAL, M; KEAST, J; TERZI, S; SOPELANA, A. **Do enterprises implement process architecture towards lean in a product development? A comparative study among large and small firms**. In Proceedings of 17th International Conference on Concurrent Enterprising (ICE), Aachen, Germany, 2011.
- FONTANELLA, G. C; MORABITO, R. **Modelagem por meio da teoria de filas do trade off entre investir em canais de atendimento e satisfazer o nível de serviços em provedores internet**. *Gestão & Produção*. v. 4, n. 3, p. 278-279, 1997.
- GAUTAM, N; SINGH, N. **Lean product development: maximizing the customer perceived value through design change (redesign)**. *International Journal of Production Economics*. v. 114, n. 1, p. 313-332, 2008.
- HAQUE, B; JAMES-MOORE, M. **Applying lean thinking to new product introduction**. *Journal of Engineering Design*. v. 15, n. 1, p. 1-31, 2004.
- HINES, P; FRANCIS, M; FOUND, P. **Towards lean product lifecycle management**. *Journal of Manufacturing Technology Management*. v.17, n. 7, p. 866-887, 2006.
- HOPPMANN, J; REBENTISCH, E; DOMBROWSKI, U; ZAHN, T. **A Framework for Organizing Lean Product Development**. *Engineering Management Journal*. v. 23, n. 1, p. 3-15, 2011.
- HU, D; WANG, Y; HUANG, J; HUANG, H. **How do different innovation forms mediate the relationship between environmental regulation and performance?** *Journal of Cleaner Production*. v. 161, p. 466-476, 2017.
- KARIM, A; ZAMAN, K. **A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations**. *Business Process Management*. v. 19, n. 1, p. 169-196, 2013.
- KATO, J. **Development of a process for continuous creation of lean value in product development organizations**. Thesis (Master in Mechanical Engineering). Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, 2005.
- KENNEDY, M. N. **Product development for the lean enterprise: why Toyota's system is four times more productive and how you can implement it**. Vancouver: Oaklea Press, 2003.
- KENNEDY, M. N; HARMON, K; MINNOCK, E. **Ready, Set, dominate: implement Toyota's set-based learning for developing products and nobody can catch you**. Vancouver: Oaklea Press, 2008.
- KHAN, M. **The construction of a model for lean product development**. Thesis (PhD in Applied Sciences). Cranfield University, Cranfield, UK, 2012.
- KHAN, M. S; AL-ASHAAB, A; SHEHAB, E; HAQUE, B; EWERS, P; SORLI, M; SOPELANA, A. **Towards lean product and process development**. *International Journal of Computer-Integrated Manufacture*. v. 26, n. 12, p. 1105-1116, 2011.
- KOSONEN, K; BUHANIST P. **Customer focused lean production development**. *International Journal of Production Economics*. v. 41, n. 3, p. 211-216, 1995.
- LEE, S. G; MA, Y. S; THIMM, G. L; VERSTRAETEN, J. **Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul**. *Computers in Industry*. v. 59, p. 296-303, 2008.
- LEÓN, H. C. M; FARRIS, J. A. **Lean Product Development Research: Current State and Future Directions**. *Engineering Management Journal*. v. 23, p. 29-51, 2011.
- LETENS, G; FARRIS, J. A; VAN AKEN, E. M. **A multilevel framework for lean product development**



- system design.** *Engineering Management Journal*. v. 23, p. 69-85, 2011.
- LIDLÖF, L; SÖDEBERG, B; PERSSON, M. **Practices supporting knowledge transfer – an analysis of lean product development.** *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. v. 26, n. 12, p. 1128-1135, 2003.
- MACHADO, M; TOLEDO, N. **Criação de valor no processo de desenvolvimento de produtos: uma avaliação da aplicabilidade dos princípios e práticas enxutas.** *Revista Gestão Industrial*. v. 2, n. 6, p. 142-153, 2006.
- MALLIK, S; CHHAJED, D. **Optimal temporal product introduction strategies under valuation changes and learning.** *European Journal of Operational Research*. v. 172, n. 2, p. 430-452, 2006.
- MATSUI, Y; FILIPPINI, R; KITANAKA, H; SATO, O. **A comparative analysis of new product development by Italian and Japanese manufacturing companies: a case study.** *International Journal of Production Economics*. v. 110, n. 2, p. 16-24, 2007.
- MORGAN, J; LIKER, J. K. **Toyota's product development system: integrating people, process and technology.** New York: Productivity Press, 2006.
- NEPAL, B. P; YADAV, O. P; SOLANKI, R. **Improving the NPD Process by Applying Lean Principles: A Case Study.** *Engineering Management Journal*. v. 23, p. 52-68, 2011.
- OEHMEN, J; REBENTICH, E. **Waste in lean product development.** Cambridge: MIT Lean Advancement Initiative, 2010.
- OLIVER, N; DOSTALER, I; DEWBERRY, E. **New product development benchmarks: the Japanese, North American and UK consumer electronics industries.** *The Journal of High Technology Management Research*. v. 15, n. 2, p. 249-265, 2004.
- OPPENHEIM, B. W; MURMAN, E. M; SECOR, D. A. **Lean enablers for systems engineering.** *Systems Engineering*. v. 14, p. 29-55, 2010.
- POPPER, K. R. **The Myth of the Framework: In Defence of Science and Rationality.** London: Routledge, 1994.
- RAUNIAR, R; RAWSKI, G. **Organizational structuring and project team structuring in integrated product development project.** *International Journal of Production Economics*. v. 135, n. 2, p. 939-952, 2012.
- ROSSI, M; TAISCH, M; TERZI S. **Lean product development: a five-steps methodology for continuous improvement.** Proceedings of 18th International ICE Conference on Engineering, Technology and Innovation, Munich, Germany, 2012.
- ROZENFELD, H; FORCELLINI, F. A; AMARAL, D. C; TOLEDO, J. A; SILVA, S. L; ALLIPRANDINI, D. H; SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.
- SOBEK, D; LIKER, J; WARD, A. **Another look at how Toyota integrates product development.** *Harvard Business Review*. v. 76, p. 1-12, 1998.
- SOBEK, D; WARD, A; LIKER, J. **Toyota's principles of set-based concurrent engineering.** Cambridge: MIT Sloan Management Review, 1999.
- TORTORELLA, G. L; FETTERMANN, D. C; MARODIN, G. A; DENICOL, J; FOGLIATTO, F. S. **Práticas enxutas para o processo de desenvolvimento de produtos.** *Iberoamerican Journal of Project Management*. v. 6, n. 1, p. 1-32, 2015.
- VENKATAMUNI, T., RAO, A. **Reduction of product development time by team formation method in lean manufacturing.** *Indian Journal of Science and Technology*. v. 3, n. 5, p. 578-582, 2010.
- WANG, L; MING, X; KONG, F; LI, D; WANG, P. **Focus on implementation: a framework for lean product development.** *Journal of Manufacturing Technology Management*. v. 23, n. 1, p. 4-24, 2012.
- WARD, A; LIKER, J; CRISTIANO, J; SOBEK, D. **The second Toyota paradox: how delaying decisions can make better cars faster.** Cambridge: MIT Sloan Management Review, 1995.
- WARD, A. C. **Lean Product and Process Development.** Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2007.
- WOMACK, J; JONES D; ROOS, D. **The machine that changed the world: the story of lean production.** Massachusetts: Harper Perennial, 1991.



WOMACK, J; JONES, D. **Lean Thinking: banish waste and create wealth for your corporation.** New York: Simon and Schuster, 2003.

ZHANG, Y; REN, S; LIU, Y; SAKAO, T; HUISINGH, D. **A framework for Big Data driven product lifecycle management.** *Journal of Cleaner Production.* v. 159, p. 229-240, 2017.