CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

HEINRICH ROGALSKY

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE PRÁTICAS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO DE UMA EMPRESA COM A MANUFATURA ENXUTA CONSOLIDADA E AS PRÁTICAS DO PDP ENXUTO

São Bernardo do Campo

2018

HEINRICH ROGALSKY

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE PRÁTICAS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO DE UMA EMPRESA COM A MANUFATURA ENXUTA CONSOLIDADA E AS PRÁTICAS DO PDP ENXUTO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Orientado pelo Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini.

São Bernardo do Campo

2018

Rogalsky, Heinrich.
Análise da relação entre práticas de desenvolvimento de produto de uma empresa com a manufatura enxuta consolidada e as práticas do PDP enxuto / Heinrich Rogalsky. São Bernardo do Campo, 2018.
122 f. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.
Orientador: Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini.

1. Desenvolvimento enxuto do produto. 2. Processo de desenvolvimento do produto. 3. Práticas no processo de desenvolvimento enxuto de produto. I. Alliprandini, Dário Henrique, orient. II. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

centro universitário FEI

APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
ATA DA BANCA EXAMINADORA

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica

Mestrado

PGM-10

Aluno: Heinrich Rogalsky **Matrícula:** 215309-6

Título do Trabalho: Análise da relação entre práticas de desenvolvimento de produto de uma empresa com a manufatura enxuta consolidada e as práticas do PDP enxuto.

Área de Concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini

Data da realização da defesa: 18/09/2018

ORIGINAL ASSINADA

Avaliação da Banca Examinadora:

São Bernardo do Campo, / / .

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA	
Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini	Ass.:
Prof.ª Dr.ª Ana Paula Vilas Boas Viveiros Lopes	Ass.:
Prof. Dr. Guilherme Canuto da Silva	Ass.:

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO ☒ REPROVADO ☐

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco

A Jesus, luz da minha vida, à minha esposa Patrícia, aos meus filhos, Thomas e Kathrin, razões do meu amor e alegria do meu viver.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua presença constante em minha vida e pela graça desta realização.

À minha querida esposa Patrícia que me incentivou em todos os momentos desta busca pelo aperfeiçoamento e desenvolvimento profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini, que me proporcionou enriquecedores e crescentes desafios aliados com o seu profundo conhecimento sobre o tema desenvolvido, seu apoio e sua costumeira dedicação na orientação que permitiram a conclusão deste trabalho e pela oportunidade que me deu neste projeto de agregar valor ao meu desenvolvimento profissional, por ter me direcionado e pelo tempo dispendido nas discussões e correções durante sua evolução.

Aos professores do mestrado, Prof.ª Dr.ª Claudia Aparecida Mattos, Prof. Dr. Wilson de Castro Hilsdorf, Prof. Dr. João Chang Júnior, Prof. Dr. Mauro Sampaio que contribuíram para o meu aprendizado.

Aos professores responsáveis pela qualificação e defesa, Prof.ª Dr.ª Ana Paula Vilas Boas Viveiros Lopes e Prof. Dr. Guilherme Canuto da Silva que contribuíram com suas análises e comentários para corrigir e melhorar este trabalho.

Agradeço aos meus pais (in memoriam) que me deram suporte e amor desde os primeiros passos da minha vida e às minhas irmãs que me apoiaram em oração.

Aos gestores que despenderam seu tempo nas entrevistas aplicadas para a elaboração deste trabalho.

À empresa onde trabalho atualmente, que custeou parte do curso de mestrado.

Finalmente, um agradecimento especial para minha família, pela confiança e atenção em mim depositada.

“Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento.”

Provérbios 3:13

RESUMO

Lançar produtos novos no mercado competitivo e globalizado, atendendo prazos cada vez mais desafiadores, com alto nível de qualidade e custo baixo, satisfazendo aos clientes com uma elevação na sua variação e personalização, e com ciclos de vida cada vez menores, acaba tornando o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) um fator importante e crítico para aumentar a competitividade das empresas. Estudos mostram que práticas enxutas, inicialmente aplicadas em manufatura, quando orientadas por questões operativas e tecnológicas do processo de produção e alinhadas com o que será produzido e como será produzido, acrescentando-se as diversas dimensões de valor exigidas pelo cliente, trarão um diferencial positivo nos resultados obtidos com a industrialização de novos produtos se aplicadas no PDP. Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é analisar se uma empresa madura na manufatura enxuta possui práticas de desenvolvimento de produtos aderentes ao PDP enxuto. Especificamente, este trabalho tem os seguintes objetivos: identificar na literatura as práticas do PDP enxuto; mapear as práticas de desenvolvimento de produto na empresa estudada e relacioná-las com as práticas do PDP enxuto; avaliar o nível de aderência das práticas de desenvolvimento de produto da empresa às práticas do PDP enxuto; analisar a relação entre as práticas do PDP enxuto utilizadas pela empresa com o seu desempenho. O trabalho foi desenvolvido por meio de um estudo de caso conduzido em uma montadora, cuja metodologia contribui tanto para a literatura, na medida que vinte e três práticas enxutas são selecionadas e estudadas e que focam em conduzir empresas a um patamar de sucesso, quanto para a área da gestão de desenvolvimento do produto de forma tal que, por meio da sua aplicação, pode-se fazer um diagnóstico das práticas utilizadas no desenvolvimento de produtos da empresa e orientá-la para aquilo que agrega valor para o cliente e para ela.

Palavras-chave: Desenvolvimento enxuto do produto. Processo de desenvolvimento do produto. Práticas no processo de desenvolvimento enxuto de produto.

ABSTRACT

Launching new products in the competitive and globalized market, meeting ever more challenging deadlines, with a high level of quality and low cost, satisfying customers with an increase in their variation and personalization and with ever shorter life cycles, ends up making the product development process (PDP) an important and critical factor in increasing business competitiveness. Studies show that lean practices, initially applied in manufacturing, when guided by operational and technological aspects of the production process and aligned with what will be produced and how it will be produced, adding the various dimensions of value required by the customer, will bring a positive difference in the results obtained with the industrialization of new products if applied in the PDP. In this context, the general objective of this work is to analyze if a mature company in lean manufacturing has product development practices adhering to the lean PDP. Specifically, this work has the following objectives: to identify in the literature the practices of lean PDP; map the product development practices in the company studied and relate them to lean PDP practices; evaluate the level of adherence of the company's product development practices to lean PDP practices; analyze the relationship between the lean PDP practices used by the company with its performance. The work was developed through a case study conducted in an automaker, whose methodology contributes to the literature, as twenty-three lean practices are selected and studied and that focus on driving companies to a level of success, as well as for the area of product development management in such a way that, through its application, it is possible to make a diagnosis of the practices used in the development of products of the company and guide it to what adds value to the customer and to it.

Keywords: Lean product development. Product development process. Practices in the lean product development process.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo de pesquisa 16
Figura 2 – Fases do ciclo de desenvolvimento do produto 19
Figura 3 – Visão geral do modelo de PDP 20
Figura 4 – Nova geração do sistema da ideia ao lançamento 21
Quadro 1 – Temas e atividades por área de conhecimento 21
Figura 5 – Estrutura do processo de projetos de desenvolvimento de veículos 22
Figura 6 – Principais fases de um projeto de desenvolvimento de veículos 23
Figura 7 – PDP automotivo 24
Quadro 2 – Visão geral das macrofases do processo de desenvolvimento de produtos 26
Quadro 3 – Características do ambiente de manufatura e de desenvolvimento do produto 30
Quadro 4 – Os cinco princípios do desenvolvimento enxuto 35
Quadro 5 – Princípios e métodos de desenvolvimento enxuto de produtos 37
Quadro 6 – Abordagens diversas dos princípios enxutos com relação aos subsistemas 39
Quadro 7 – Definição de desperdícios típicos de desenvolvimento do produto e autores 41
Quadro 8 – Práticas enxutas de PDP e autores 49
Quadro 9 – Práticas enxutas e seus benefícios 54
Figura 8 – Visão geral do modelo de desenvolvimento de produtos da empresa 59
Quadro 10 - Aplicação do questionário por área, nível hierárquico e tempo de entrevista 65
Quadro 11 - Práticas do PDP enxuto correspondente ao número da questão 66
Quadro 12 – Nível de aderência da prática da empresa à prática enxuta 74
Quadro 13 – Percepção dos gestores sobre o impacto das práticas enxutas no PDP 81
Quadro 14 – Benefícios da prática enxuta comparados com a percepção de desempenho dos gestores 83
Figura 9 – Práticas da empresa aderentes ao PDP enxuto e a percepção dos gestores 84
Quadro 15 – Informações principais captadas por prática enxuta 106
Quadro 16 – Análise da aderência das práticas do PDP da empresa às práticas enxutas 115

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
1.1 OBJETIVO 14
1.2 METODOLOGIA 14
2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO ENXUTO 17
2.1 O QUE É PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO (PDP) 17
2.2 PDP AUTOMOTIVO 22
2.3 RELAÇÃO ENTRE PDP ENXUTO E MANUFATURA ENXUTA 28
2.4 VISÃO GERAL DO DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO (DEP) 33
2.5 PRINCÍPIOS ENXUTOS 34
2.5.1 Aplicação dos princípios enxutos no PDP 35
2.5.2 Desperdícios típicos do PDP 40
2.6 PRÁTICAS E TÉCNICAS ENXUTAS 42
2.7 SÍNTESE DAS PRÁTICAS DO PDP ENXUTO 47
3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA 56
3.1 PDP DA EMPRESA ESTUDADA 56
3.1.1 Características gerais da empresa 56
3.1.2 Visão geral do modelo de desenvolvimento de produtos da empresa 57
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 63
3.2.1 Teste do roteiro da pesquisa 67
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 69
4.1 PRÁTICAS EXISTENTES RELACIONADAS COM O PDP ENXUTO 69
4.2 ANÁLISE DA ADERÊNCIA AO PDP ENXUTO 70
4.3 ANÁLISE DO NÍVEL DA RELAÇÃO COM A PRÁTICA ENXUTA 72
4.4 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE PRÁTICAS DO PDP ENXUTO COM O DESEMPENHO 76
4.4.1 Práticas da empresa classificadas com alto nível de aderência ao PDP enxuto 76
4.4.2 Percepção dos gestores sobre o impacto das práticas no desempenho do desenvolvimento de produtos 77
4.4.3 Análise comparativa da percepção dos gestores com a literatura. 81
5 CONCLUSÃO 85
REFERÊNCIAS 87

APÊNDICE A – PROTOCOLO DA PESQUISA 94
APÊNDICE B – QUADRO COM INFORMAÇÕES PRINCIPAIS CAPTADAS POR PRÁTICA ENXUTA **105**
APÊNDICE C – QUADRO DE ANÁLISE DA ADERÊNCIA DAS PRÁTICAS DA EMPRESA ÀS PRÁTICAS ENXUTAS **114**
ANEXO A – TABELA COM LICENCIAMENTO TOTAL DE ÔNIBUS E CAMINHÕES POR EMPRESA **121**

1 INTRODUÇÃO

O cenário econômico atual globalizado evidencia uma concorrência crescente entre as empresas. Com isso, elas precisam buscar novas alternativas para aumentar sua competitividade (GARO; GUIMARÃES, 2018). Esta busca por um diferencial sobre seus concorrentes torna-se cada vez mais importante para que elas melhorem ou mantenham sua posição no mercado (LUZ et al., 2018). Se elas tiverem habilidade, por meio do seu desenvolvimento de produtos, em identificar as necessidades dos clientes, criar os produtos certos, com custos baixos de produção e atendê-los rapidamente, obterão sucesso econômico (ULRICH; EPPINGER, 2016).

Empresas otimizaram seus processos em produção e logística e agora estão melhorando o seu processo de desenvolvimento de produtos (PDP) por meio da abordagem enxuta (DOMBROWSKI; KARL, 2016).

Os produtos são oferecidos aos clientes com mais variedade na escolha e, em contrapartida, com um ciclo de vida cada vez menor, fazendo com que o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) seja fundamental na manutenção da competitividade das empresas (ROZENFELD et al., 2006).

Devido a essa competitividade, os desafios enfrentados por elas acabam sendo muito grandes e muitas enfrentam dificuldades para sobreviver. Para que a empresa possa resistir e ter sucesso nesse ambiente, a sua estratégia global de desenvolvimento de produtos deve tornar-se um dos principais pilares, pois a inovação de produtos e a tendência para a globalização são duas dimensões importantes que impulsionam os negócios (DE BRENTANI; KLEINSCHMIDT; SALOMO, 2010).

Desta forma, desenvolver grandes produtos exige grandes esforços, sendo uma tarefa árdua e desafiadora no entendimento de Ulrich e Eppinger (2016), citam ainda algumas características do desenvolvimento de produtos que corroboram isso, tais como a exigência de qualidade do produto que se evidencia com a evolução na preferência dos consumidores, a pressão do tempo, aspectos econômicos, tanto do produto quanto do desenvolvimento, e a competência do desenvolvimento.

Devido à variação e diversificação cada vez maiores dos produtos junto com a redução do ciclo de vida, Salgado et al. (2006) acrescentam que, o PDP aumenta em importância fazendo com que os produtos sejam, não somente produzidos, mas também desenvolvidos por meio de um modelo diferenciado que minimiza os custos totais de fabricação e a utilização de recursos no PDP. Uma abordagem reconhecidamente alinhada a esses objetivos é o desenvolvimento enxuto de produto ou PDP enxuto.

Welo (2011), por sua vez, enfatiza que os mercados tornam-se mais competitivos devido à tendência, em ritmo acelerado, de operações globalizadas, tanto por parte de fabricantes como de clientes. Desta forma, o caminho para vencer esta concorrência é melhorar de maneira drástica a sua capacidade de inovar, desenvolver e produzir novos produtos, proporcionando maior valor aos clientes e alcançar o mercado antes do que os produtos dos concorrentes, antes que a tecnologia nova e melhor esteja disponível e antes do mercado mudar, sendo que o PDP é um processo fundamental nesse caminho.

Portanto, com todos estes desafios a serem enfrentados e vencidos pelas empresas e sendo a melhoria do PDP um caminho a ser seguido, torna-se importante identificar aspectos neste processo para alcançar uma abordagem eficiente como o PDP enxuto.

Alguns exemplos de abordagens que se destacam no desenvolvimento de produtos são citados por De Paula, Fogliatto e Cristofari (2012), destacando-se a engenharia concorrente, metodologia de estágios-portais de avaliação (*Stage Gates*) e o PDP enxuto.

A abordagem enxuta, aplicada a qualquer processo, representa uma força enorme na luta para a eliminação de desperdícios e criação de valor, conforme destacam Womack e Jones (2004). Eles salientam que o valor de um determinado produto deve ser expresso conforme o atendimento das necessidades de preço e tempo do cliente.

Radeka (2013) complementa e enfatiza que as empresas que são enxutas em seus processos de desenvolvimento de produto alcançam maiores lucros e constroem uma vantagem competitiva muito forte.

Além de ser uma das abordagens mais citadas na literatura, Rozenfeld et al. (2006) destacam que o PDP enxuto traz uma visão mais natural dos processos e um trabalho simplificado, focando em atividades de teste e procurando postergar ao máximo as decisões, a fim de trazer soluções alternativas que atendam o projeto.

O êxito de uma empresa de manufatura depende enormemente das atividades ligadas ao seu processo de desenvolvimento do produto (PDP), captando então o que significa valor para o cliente e transportando isso para os processos de manufatura por meio de projetos que consideram aspectos operacionais e tecnológicos da manufatura e outros processos relacionados (MACHADO; TOLEDO, 2006).

Desta forma, atingir o sucesso com lucratividade satisfatória exige muitos esforços. Porém, a garantia da sustentabilidade do negócio somente será alcançada com o desenvolvimento e a introdução constante de novos produtos no mercado, pois ter uma manufatura enxuta com excelentes resultados em sua operação com suas ferramentas bem

difundidas e de classe mundial, não garante que o produto fabricado seja o que o cliente deseja (WARD, 2011).

Deve-se, portanto, buscar a maximização do valor dos seus produtos e melhorar o desempenho em custos, qualidade e tempo no PDP. Para isso, as organizações estão buscando inspiração na abordagem do PDP enxuto, não significando que por meio da mera aplicação de princípios da fabricação enxuta no PDP isso será alcançado, mas sim por meio da utilização de princípios e práticas adequadas que caracterizam o PDP enxuto, bem como garantir que essas práticas estejam alinhadas ao seu modelo de negócios (LEÓN; FARRIS, 2011).

Quando se atenta para o ambiente real de algumas empresas que tiveram iniciativas de adequação de seu PDP à abordagem do PDP enxuto, percebe-se que os investimentos realizados não se justificam. Uma das causas é a falta de objetivos claros e bem definidos, bem como a escolha de métodos compatíveis (REIS et al., 2013). De fato, Ward (2011) identificou que gestores da área de desenvolvimento de produto de empresas, cuja fabricação já experimentava bons resultados pela implantação da manufatura enxuta, ao optarem por introduzir os princípios enxutos no PDP de suas empresas, iniciaram pela transferência direta das práticas da manufatura para o PDP. Ainda de acordo com a mesma pesquisa a iniciativa deve ser estruturada com base nos princípios diretamente relacionados ao PDP enxuto e não à manufatura enxuta. Assim, empresas deveriam aplicar os princípios enxutos no desenvolvimento de produto e não somente na manufatura, pois a melhoria no desenvolvimento de produto impacta significativamente o processo de criação do produto, seu processo produtivo e o desempenho dele no mercado (HOPPMANN et al., 2011; MCMANUS, 2005; PINHEIRO; TOLEDO, 2014).

Por outro lado, o PDP é um processo estratégico para as empresas e, principalmente no caso de empresas ocidentais, as práticas empregadas seguem padrões típicos diferentes do PDP enxuto existentes na Toyota (BROWNING et al., 2002; BROWNING; RAMASESH, 2007; MORGAN; LIKER, 2008; REINERTSEN; SCHAEFFER, 2005).

Vários pesquisadores estudaram a aplicação de princípios enxutos em outras áreas além da manufatura, como a área de saúde (JIMMERSON; WEBER; SOBEK, 2005; SOLIMAN; SAURIN; WERLE, 2017), área da construção civil (TILLMANN; BALLARD; TOMMELEIN, 2014; ALMEIDA; PICCHI, 2018), área administrativa de marketing (ISHIZAKA et al., 2016), e a área de desenvolvimento de produtos (PERALTA et al., 2017; OPPENHEIM, 2004; SALGADO et al., 2009; SCHUH; LENDERS; HIEBER, 2008; TYAGI et al., 2015). Esses estudos na área de desenvolvimento de produto foram realizados em empresas com iniciativas relacionadas ao PDP enxuto.

Apesar dos benefícios da engenharia enxuta estarem claros para várias empresas, atingi-los não é tão simples assim. Estudos de *benchmarking* realizados em 100 empresas automotivas e de produtos de engenharia mostraram que menos de 20% delas utilizam regularmente métodos de pensamento enxuto em desenvolvimento de produtos (LORENZ et al., 2015).

Assim, destacam-se dois aspectos que motivaram o desenvolvimento deste trabalho:

a) o desenvolvimento de produto é um processo estratégico e a melhoria de seu desempenho deve ser sempre buscada pelas empresas;
b) se uma empresa possui a manufatura enxuta consolidada, pode-se esperar que ela tenha práticas no PDP relacionadas ao PDP enxuto.

Então, entendeu-se como oportuno realizar um estudo que pudesse verificar a relação dos princípios do PDP enxuto e as práticas de desenvolvimento de produto de empresas com a manufatura enxuta consolidada.

Desta forma, a questão de pesquisa foi estabelecida como: em empresas com a manufatura enxuta consolidada há práticas de desenvolvimento de produtos aderentes ao PDP enxuto?

1.1 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é analisar se uma empresa madura na manufatura enxuta possui práticas de desenvolvimento de produtos aderentes ao PDP enxuto.

Especificamente, este trabalho tem os seguintes objetivos:

a) identificar na literatura as práticas do PDP enxuto;
b) mapear as práticas de desenvolvimento de produto na empresa estudada e relacioná-las com as práticas do PDP enxuto;
c) avaliar o nível de aderência das práticas de desenvolvimento de produto da empresa às práticas do PDP enxuto;
d) analisar a relação entre as práticas do PDP enxuto utilizadas pela empresa com o seu desempenho.

1.2 METODOLOGIA

A pesquisa apresentou um referencial teórico limitado às palavras chave do trabalho: desenvolvimento enxuto de produto; processo de desenvolvimento do produto; práticas no

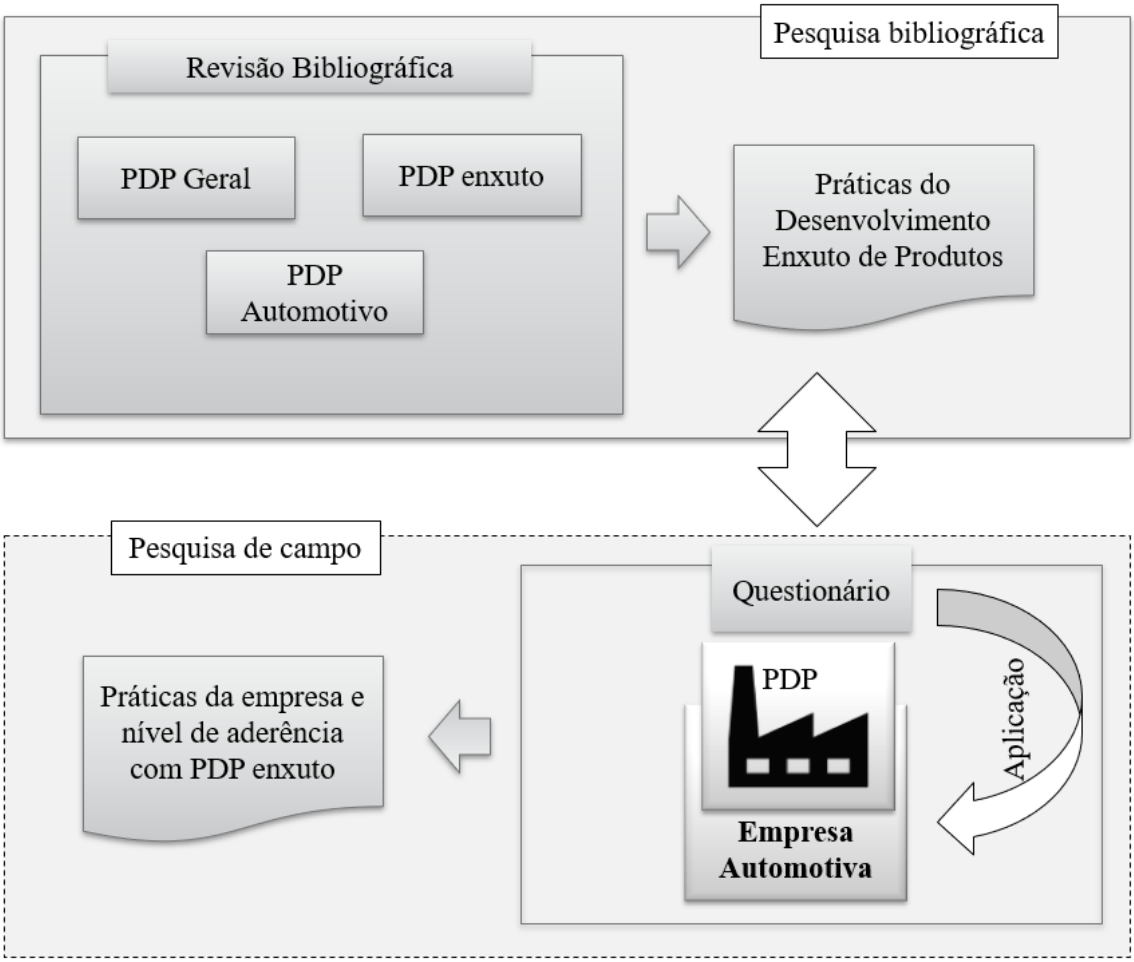
processo de desenvolvimento enxuto do produto. Para organizar a revisão, foi feita uma pesquisa bibliográfica onde foram utilizadas fontes nacionais e internacionais, livros, dissertações, teses e artigos de periódicos, sendo consultadas as bases de dados do portal de periódicos da CAPES, EBSCOhost, IEEE Explore, Proquest, Emerald Insight. O escopo serviu primeiramente como base para a inclusão de informações sobre o PDP, seus modelos e suas características com suas fases e atividades, complexidade e sua aplicação na indústria em geral e automotiva. Em seguida, foram abordadas as características dos ambientes da manufatura e do PDP enxuto e oferecida uma visão geral de desenvolvimento enxuto de produtos com seus princípios enxutos e seus desperdícios típicos. Também, foram apontadas as práticas e técnicas com abordagem enxuta nos trabalhos selecionados e que, desta maneira, possuem foco na implantação e na melhoria dos processos em indústrias que apresentam a manufatura trabalhando em conjunto com o desenvolvimento de produto, agregando valor para ela e para os clientes. Por fim, foi feita uma síntese das práticas do PDP enxuto, elaborada com base na fundamentação teórica e que serve de apoio para a elaboração do instrumento de coleta de dados da pesquisa. Após refinamento, foram extraídos oitenta e três trabalhos acadêmicos que serviram de subsídio para o desenvolvimento desse trabalho. Foram utilizados materiais com data desde 1987, para se obter um fundamento histórico, até 2018 com aplicações em indústrias diversas, além da automotiva.

Para responder a pergunta da pesquisa utilizou-se como metodologia a aplicação de um estudo de caso único, com características de pesquisa descritiva e qualitativa em uma empresa automotiva que aplica os conceitos de manufatura enxuta em sua planta há mais de 20 anos e obtém resultados em sua manufatura que são considerados satisfatórios em termos de *leadtime*, estoque em processo, projetos de melhoria, custos produtivos, entre outros. As fontes de informações utilizadas foram: entrevistas com gestores que participam no desenvolvimento de produto da empresa; informações disponibilizadas no portal de conhecimento da empresa; observações diretas nas atividades realizadas pelo pessoal da área de desenvolvimento de produto. Foi elaborado e utilizado um roteiro de pesquisa para servir de apoio nas entrevistas.

A partir da fundamentação teórica, foram identificadas as práticas do desenvolvimento enxuto de produto, e em seguida elaborado um roteiro para conduzir a pesquisa de campo. Os resultados são: análise das práticas adotadas no desenvolvimento de produto da empresa estudada em relação às práticas do PDP enxuto, na forma descritiva, no nível de aderência e de desempenho.

De forma geral, o desenvolvimento do trabalho foi feito com base no modelo de pesquisa mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo de pesquisa



Fonte: Autor.

2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO ENXUTO

A necessidade constante de aumentar a competitividade das empresas originou a busca por diminuição de custos e maior qualidade nos produtos, fazendo com que os processos produtivos atendessem melhor as expectativas dos clientes. A utilização da abordagem enxuta pela Toyota deu origem ao seu sistema enxuto de produção, onde obteve sucesso nessa busca por redução de desperdícios na utilização de recursos (JONES; WOMACK, 2017). Essa abordagem enxuta foi difundida pelo mundo corporativo e aplicada em várias áreas diferentes, sendo uma delas a de desenvolvimento de produtos (LEÓN; FARRIS, 2011).

Para se ter um melhor entendimento sobre a sua aplicação no desenvolvimento de produtos, este capítulo trata primeiramente do processo de desenvolvimento de produtos e, especificamente, do PDP automotivo, depois aborda a relação entre o PDP enxuto e a manufatura enxuta, em seguida é fornecida uma visão geral do desenvolvimento enxuto do produto, sendo também abordados os princípios enxutos e sua aplicação no PDP juntamente com a identificação de desperdícios típicos no desenvolvimento de produtos. Finalmente, são identificadas práticas enxutas aplicadas no PDP e relacionadas para que sejam confrontadas com as práticas da empresa objeto deste estudo de caso.

2.1 O QUE É PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO (PDP)

Como o PDP se torna crítico para que as empresas possam lançar novos produtos no mercado e se destacar entre as concorrentes, é necessário estudar esses processos envolvidos e conhecer as diversas possibilidades de melhoria existentes. Desta forma, é importante saber como os autores definem o PDP, seus objetivos, suas atividades ou fases e quais as áreas envolvidas necessárias para se obter sucesso.

Para Wheelwright e Clark (1992), enfrentar uma concorrência muito alta é possível apenas por meio de um desenvolvimento de produtos extraordinariamente bem estruturado, pois se for apenas bom, não será suficiente para atingir níveis altos de sucesso. Para apresentar essa vantagem competitiva eles identificam o PDP por meio de processos que se iniciam com ideias do conceito do produto que atendam às várias necessidades de mercado, financeiras e da manufatura, devendo convergir gradualmente por intermédio de um refinamento para uma forma específica, resultando em projetos que deverão ser desenvolvidos e apresentados no mercado. Esta abordagem é denominada de funil de desenvolvimento e considera uma

integração do planejamento estratégico, contendo a estratégia de mercado, do produto e a questão tecnológica com o PDP, proporcionando uma sequência de atividades de fácil compreensão e da inter-relação entre elas como: criação da tecnologia e como usá-la, relação entre a captura de novas ideias para novos produtos.

Numa outra visão, Rozenfeld et al. (2006) afirmam que para que a manufatura esteja apta a produzir um determinado produto de acordo com as especificações técnicas de projeto e com as eventuais modificações, o desenvolvimento de produtos deve, por meio de uma série de atividades e a partir da necessidade do cliente, considerando questões estratégicas e tecnológicas restritivas e facilitadoras da empresa, atender ao produto em suas especificações de projeto. Além disso, deve chegar ao seu processo produtivo e, mais adiante, planejar a ruptura do produto no mercado. Por fim, deve-se aplicar as lições aprendidas no processo de desenvolvimento durante o seu ciclo de sua vida. Eles apresentam as abordagens de PDP como uma evolução da engenharia tradicional, ou sequencial, e de metodologias de projeto para as novas abordagens de PDP como o desenvolvimento enxuto, *design for six sigma* (projeto para seis sigma), o modelo de integração de maturidade e capabilidade (CMMI) e gestão do ciclo de vida dos produtos.

Portanto, ter um PDP bem estruturado e com as atividades e fases bem definidas é fundamental, porém, não menos importante é conhecer os seus objetivos.

Para Kahn (2011), um PDP bem estruturado tem uma maior chance de sucesso sendo que a maioria deles objetiva a transferência de tecnologia para um produto comercial, combinar características técnicas e as necessidades do cliente, integrar esforços de todas as áreas funcionais envolvidas na criação do produto, além de implementar uma estratégia de organização por intermédio do desenvolvimento de um novo produto dando um controle gerencial não excessivo.

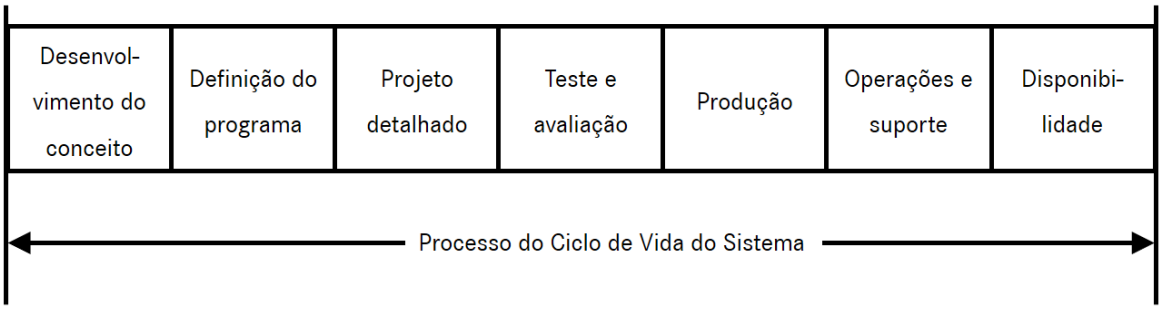
Sob outra perspectiva, para Ulrich e Eppinger (2016), o PDP é a transformação de um conjunto de entradas em um conjunto de saídas, ou seja, é tornar um conceito em um produto acabado definido e pronto para ser comercializado por meio de uma sequência de atividades, sendo que o objetivo no desenvolvimento do conceito é entender as necessidades do cliente e comunicá-las eficientemente a todos os envolvidos no processo, definir o que o produto deve realizar em termos técnicos e fazer tudo isso com baixos custos.

Todas estas atividades, segundo Stanke (2001), estão distribuídas em sete fases do ciclo de vida do produto sendo que elas são simples e sequenciais, porém com a possibilidade de ocorrerem paralelamente. O desenvolvimento do conceito, definição de programa, projeto detalhado, e avaliação e testes fazem parte do PDP. Ele enfatiza que o esforço necessário no

gerenciamento da organização envolvida com o desenvolvimento do sistema aumenta com o aumento da complexidade dos processos nas várias fases do ciclo de desenvolvimento.

Para uma melhor visualização, a Figura 2 mostra o modelo, com as fases do ciclo de desenvolvimento do produto, proposto por Stanke (2001).

Figura 2 - Fases do ciclo de desenvolvimento do Produto



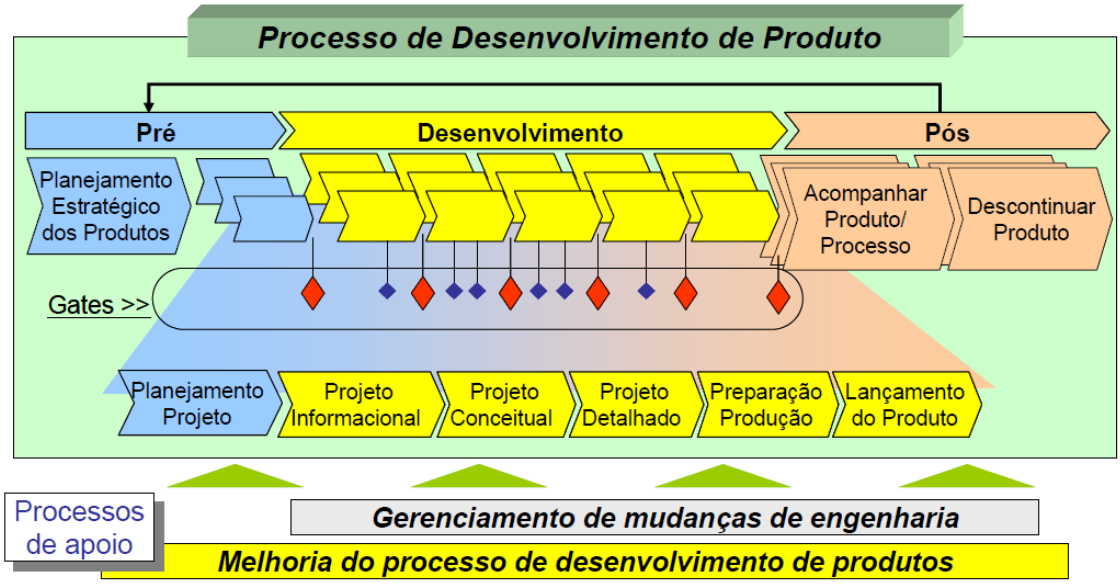
Fonte: Stanke, 2001, p.15.

Apesar de ainda ser muito empregada, Rozenfeld et al. (2006) destacam que a maneira tradicional de se enxergar o desenvolvimento de produtos é muito questionada nas novas abordagens utilizadas por empresas que ocupam um lugar destacado no mercado. A elaboração de informações sobre especificações técnicas do produto e como ele deve ser produzido e disponibilizado para ser manufaturado está sendo substituído por processos de integração onde as áreas trabalham de maneira interdependente e em conjunto com a cadeia de suprimento. Desta forma, a nova visão sobre o PDP é de uma abordagem composta por todas as atividades internas e externas, levando em consideração as que tem uma participação na criação de valor para o cliente, atendendo sua necessidade e aproveitando as oportunidades que a tecnologia oferece e atendendo a estratégia da empresa e que tem a função de transformar em informações para que o produto possa ser produzido, distribuído, utilizado, conservado e descontinuado, levando em conta o seu ciclo de vida.

Com isso, Rozenfeld et al. (2006) propõem um modelo ampliado e coerente com a integração de três macrofases ao processo de desenvolvimento do produto (Figura 3): pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento, que apesar da possibilidade de ser aplicado em empresas automotivas, é direcionado principalmente para empresas de bens de consumo duráveis. A estratégia do produto, de mercado e de tecnologia fazem parte do processo de desenvolvimento, juntamente com as atividades de planejamento para apoio à produção, lançamento do produto no mercado e o seu acompanhamento, onde os desejos do cliente mais dados captados sobre o desempenho do produto, exigências de normas reguladoras

e os problemas reportados no campo são informados e gerenciados de maneira contínua de forma a dar apoio para a melhoria constante dos produtos e processos existentes e, finalmente, a decisão pelo seu fim de produção. Para a gestão do processo de desenvolvimento eles propõem a utilização de portais de estágios (*Stage Gates*).

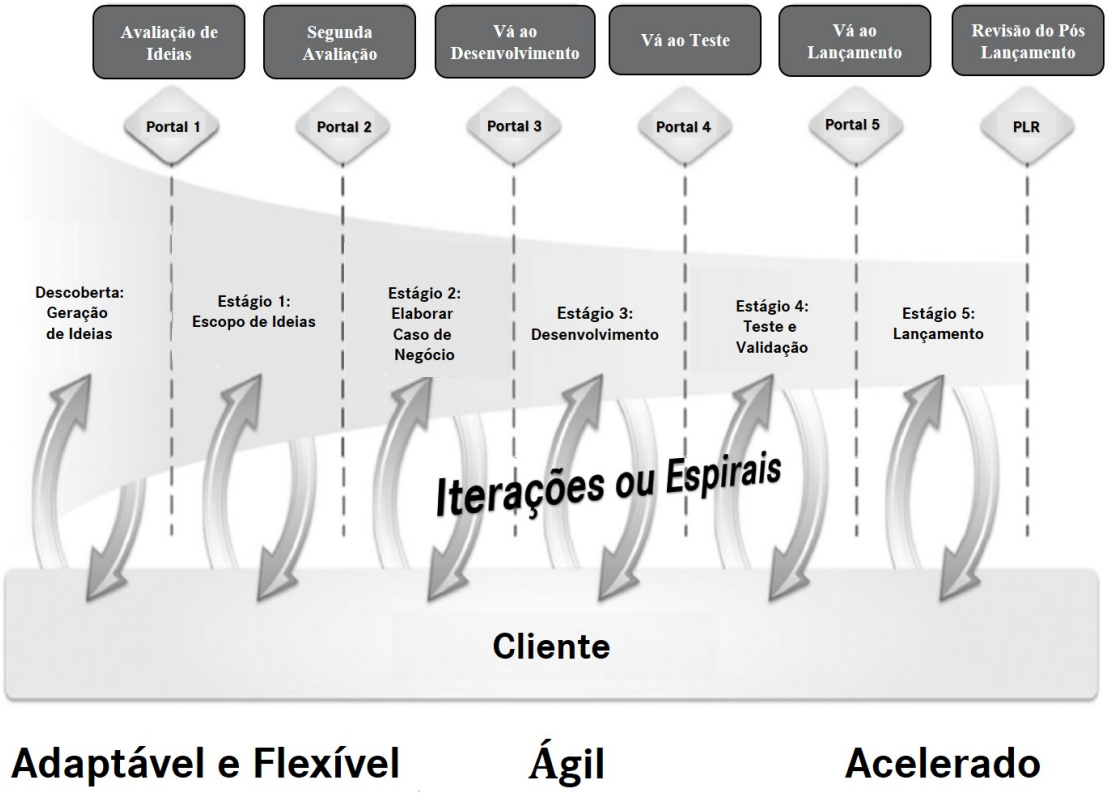
Figura 3 - Visão geral do modelo de PDP



Fonte: Rozenfeld et al., 2006, p. 44.

Cooper (2014) apresenta uma nova geração para o mapa conceitual e operacional do método de portais de estágios, a qual tem um impacto positivo no PDP da empresa (Figura 4). O método é mais rápido e melhor, pois incorpora novas práticas. É desenhado em espirais múltiplas e iterativas. Em cada volta o produto é melhor definido. É mais adaptável e flexível, tem os critérios de "passa/não passa" mais flexíveis, mais ágil e acelerado e mais enxuto, pois remove todo o desperdício, burocracia e as atividades desnecessárias em qualquer ponto do sistema. Inclui as seguintes fases: descoberta, escopo, construção do caso de negócio (*business case*), desenvolvimento, teste e validação e lançamento. Diferente do modelo tradicional, não há uma definição rígida e estável sobre o produto no início do processo, pois o cliente não tem clareza sobre aquilo que precisa no início do processo. As atividades se sobrepõem dentro e entre os estágios e são removidos os desperdícios e bloqueios por intermédio de um mapeamento do fluxo de valor (VSM – *Value Stream Mapping*).

Figura 4 - Nova geração do sistema da ideia ao lançamento



Fonte: Cooper, 2014, p. 21.

Para atuar nas diversas fases do PDP, Rozenfeld et al. (2006) propõem em sua abordagem a participação de nove áreas do conhecimento sendo que as atividades de uma área ocorrem mais intensamente em determinadas fases do que em outras. O Quadro 1 mostra as diversas áreas do conhecimento, seus temas e suas atividades típicas.

Quadro 1 - Temas e atividades por área de conhecimento

Área do conhecimento	**Temas/Atividades típicas**
Gestão de projetos	Definição de escopo, tempos, recursos humanos, sua qualificação e controle das atividades.
Meio ambiente	Sustentabilidade, reuso, remanufatura, reciclagem, reutilização de material, descarte.
Marketing	Relacionamento com o mercado, como levantamento de necessidades, inserção e avaliação dos produtos no mercado, e vigilância tecnológica.
Engenharia de produto	Soluções de estilo, de material, funcionais, estruturais, de comportamento do produto, integração de tecnologia, etc.
Engenharia de processo	Processos e operações de fabricação e montagem, especificação e projeto de recursos de manufatura.
Produção	Atividades que consideram a manufatura dos produtos em desenvolvimento.
Suprimentos	Envolve as atividades de relacionamento com os parceiros, fornecedores, clientes da cadeia de suprimentos e o projeto da logística para viabilizar a produção.
Qualidade	Gestão constante dos requisitos dos produtos, mas cobre também o acompanhamento da qualidade dos processos de negócio resultantes do desenvolvimento de produtos e a qualidade dos produtos no mercado após o seu lançamento.
Custos	Definições de preços e custos-alvo, elaboração do orçamento, estudos de viabilidade e o monitoramento constante dessas informações.

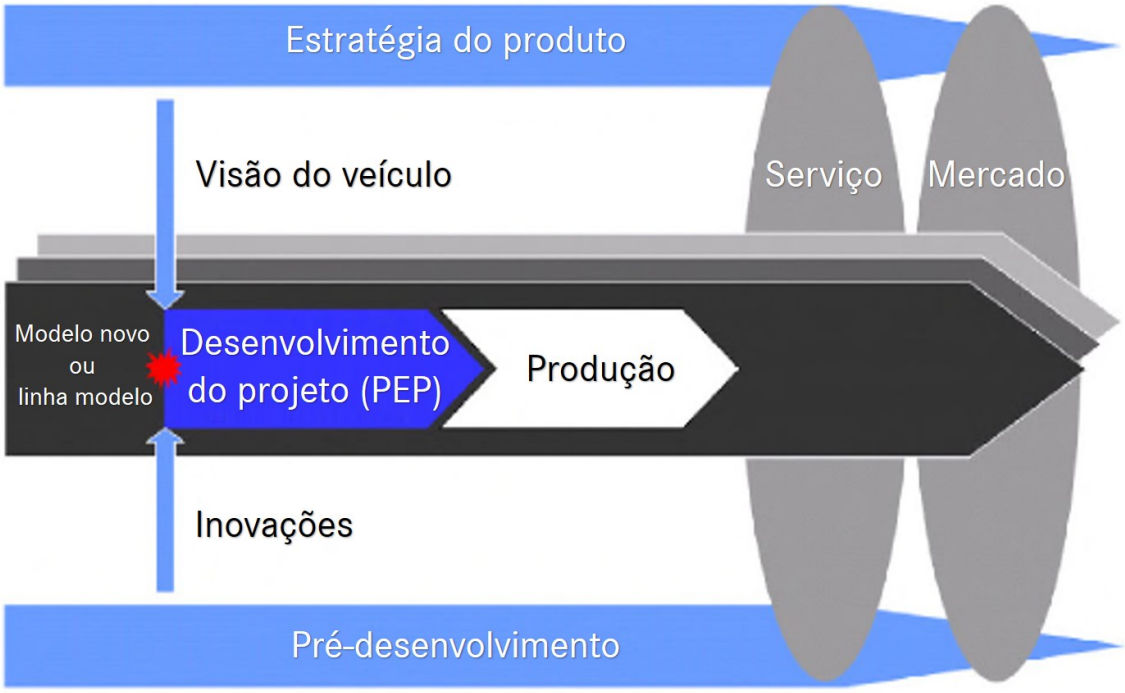
Fonte: Rozenfeld et al., 2006, p. 87.

2.2 PDP AUTOMOTIVO

Por se tratar de um estudo de caso na indústria automotiva, esta pesquisa apresenta duas abordagens relevantes e diferentes sobre o PDP automotivo encontrados na literatura e que serão importantes para um melhor entendimento das fases do desenvolvimento de produtos.

A primeira abordagem se refere ao modelo de Weber (2009) que apresenta mais um relato pessoal do que um manual para desenvolvimento de veículos e que, conforme sua convicção, reflete o ponto de vista do cliente e não dos engenheiros. Neste modelo, a estratégia de produto que trata do veículo completo e o pré-desenvolvimento que lida com componentes e novas tecnologia, são processos contínuos e a longo prazo, ocorrendo paralelamente às três fases do PEP e da fase da produção (Figura 5).

Figura 5 - Estrutura do processo de projetos de desenvolvimento de veículos

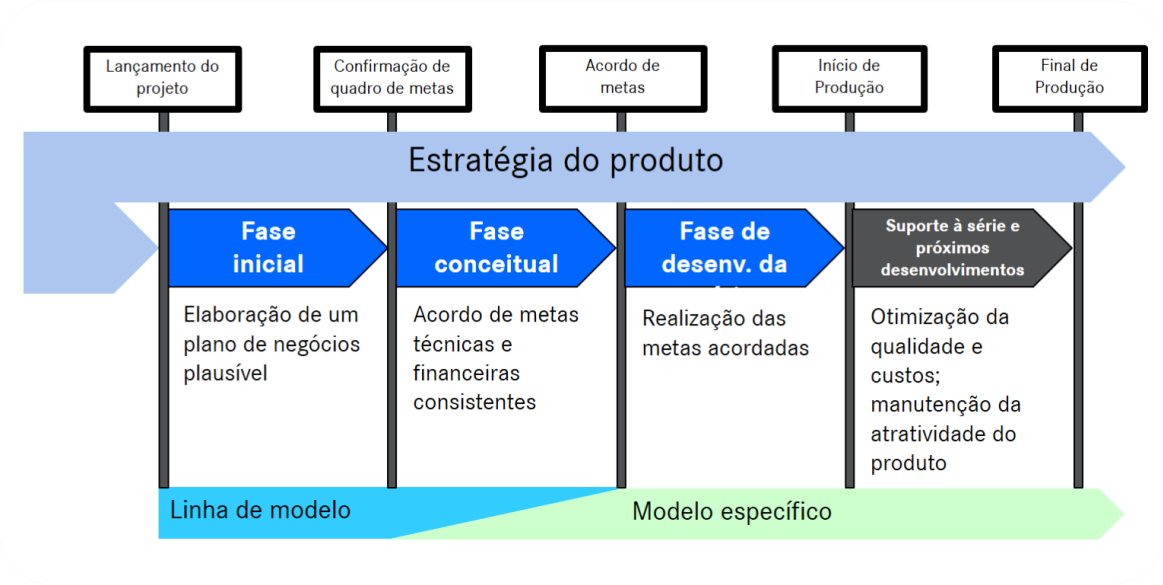


Fonte: Weber, 2009, p. 8.

Weber (2009) apresenta o projeto de desenvolvimento de veículos seguindo um processo de evolução do produto (PEP) bem planejado no qual um produto com inovações e tecnologia é oferecido ao cliente, concretizado por meio da visão estratégica da empresa. Esta estrutura de desenvolvimento de veículos contém as fases, padrões de entrega e a descrição de funções dos envolvidos no processo. O PEP é dividido em três fases principais. A elaboração

de um plano de negócios plausível é feita na fase inicial e a viabilidade técnica e econômica de um projeto de veículo como um todo deve ser avaliada. Na segunda fase, que é denominada de conceitual, são feitos acordos de consistência técnica e objetivos financeiros. O veículo será detalhado para que atenda aos requisitos estabelecidos. Nesta fase os modelos virtuais são utilizados como principal forma de representação do produto. Na terceira fase, que é desenvolvimento de série, as metas são concretizadas. Liberações desencadeiam o processo de fabricação de ferramentas e os fornecedores são selecionados. O foco desta fase é a integração de componentes e sistemas com o veículo. São construídos protótipos em duas fases distintas. A primeira para avaliar o conceito e necessidades de alterações e a segunda para avaliar estas alterações derivadas da primeira fase. O desenvolvimento automotivo exige a construção e teste de protótipos em diferentes estágios de maturidade. No final desta fase, há uma preparação para o lançamento que se inicia com os primeiros veículos de pré-série e termina com o volume diário de produção. Quando a fase de desenvolvimento da série termina e, após o início de produção, quando ela já está estabilizada, inicia-se uma quarta fase onde uma equipe menor mantém a atratividade dos produtos até a sua saída de linha (Figura 6).

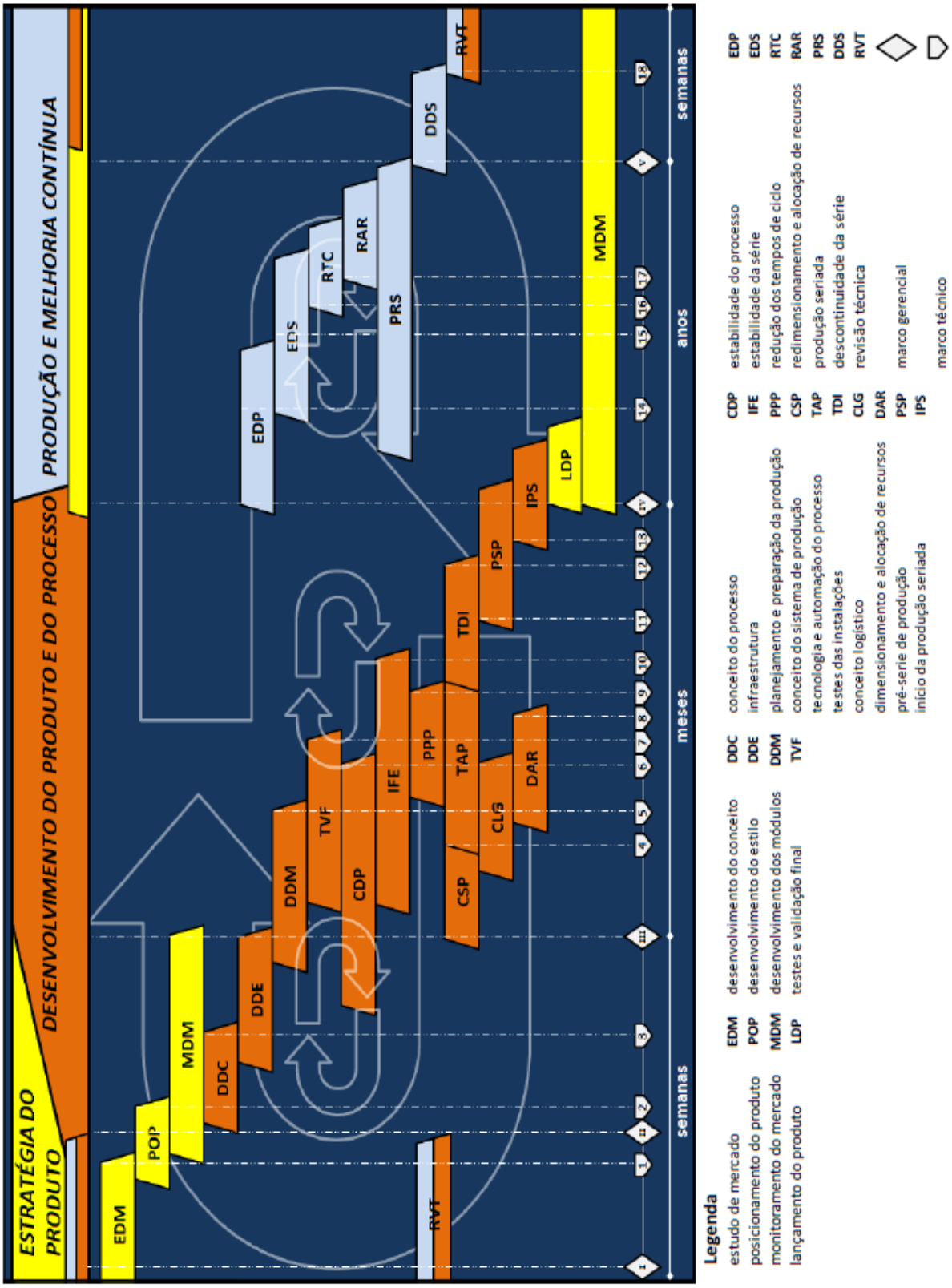
Figura 6 - Principais fases de um projeto de desenvolvimento de veículos



Fonte: Weber, 2009, p. 9.

A segunda abordagem, de Silva e Kaminski (2017) e Silva (2013), apresenta um modelo de referência para ser usado como guia para os profissionais do setor automotivo no gerenciamento do PDP automotivo correspondendo significativamente com a literatura (Figura 7).

Figura 7 - PDP automotivo



Fonte: Silva, 2013, p. 102.

Com esse modelo (SILVA; KAMINSKI, 2017; SILVA, 2013), é esperada a obtenção de uma maior interação dos profissionais envolvidos nas diferentes fases do processo, obtenção de padronização de trabalho, tempo reduzido em função de um sistema de desenvolvimento conhecido, além de reduzir desperdícios. Eles propõem um modelo para o gerenciamento do processo de desenvolvimento do produto com foco no produto automotivo e no seu processo de desenvolvimento, denominado de PDP automotivo.

O modelo tem uma abrangência global pelo fato de terem sido consideradas na pesquisa empresas de três continentes. O início do desenvolvimento do veículo ocorre na primeira macrofase denominada de estratégia do produto e possui quatro fases. Na segunda macrofase, denominada de processo de desenvolvimento do produto, onde o desenvolvimento do produto (DP) e do processo ocorrem paralelamente, o produto e os meios para produzi-lo são desenvolvidos. O desenvolvimento do produto possui quatro fases e o desenvolvimento do processo dez fases. Na terceira macrofase, denominada de produção e melhoria contínua, ocorrem seis fases e há um acompanhamento da produção e, com isso, o produto e o processo da manufatura podem sofrer melhorias. Concluindo, as três macrofases representadas no modelo ocorrem com interações entre si e são representadas pelas setas maiores, sendo que as suas respectivas fases podem ocorrer paralelamente e as suas interações são representadas pelas setas menores. Os portais de gerenciamento e técnicos são representados neste modelo e acontecem em diferentes pontos no tempo (SILVA; KAMINSKI, 2017; SILVA, 2013).

O Quadro 2 apresenta uma visão dos modelos de PDP retirados da literatura e apontados neste trabalho. Por meio dele pode-se visualizar as diferenças entre os modelos tradicionais e os modelos com abordagem automotiva com suas fases e macrofases. Mostra algumas características e fases comuns entre eles e o modo como os autores propõem a sua abordagem. As informações dos modelos de Crawford e Benedetto (2011) e o de Rozenfeld et al. (2006) foram extraídas do trabalho de Amigo e Rozenfeld (2011). As informações dos modelos de Wheelwright e Clark (1992), Cooper (2014), Stanke (2001), Ulrich e Eppinger (2016), Weber (2009), Silva e Kaminski (2017) e Silva (2013) foram extraídas e adaptadas dos seus próprios trabalhos.

Wheelwright e Clark (1992) propõem seu modelo inovativo e focado como sendo o funil de desenvolvimento. Possui três estágios e dois filtros, onde as ideias surgem e são priorizadas para depois serem desenvolvidas rapidamente, não abordando, porém, as fases posteriores, como por exemplo a produção e o lançamento. O modelo de Cooper (2014) apresenta seu modelo já evoluído em estágios com espirais iterativas, onde a nova abordagem torna-se forte sendo adaptável e flexível, ágil e acelerada e evidencia as três macrofases, porém não contempla

a fase de descontinuação do produto no mercado. O trabalho de Stanke (2001) dá ênfase somente às fases de desenvolvimento e pós desenvolvimento, não identificando as etapas que antecedem o desenvolvimento, como o conceito do produto. Já o modelo de Crawford e Benedetto (2011) inclui a estratégia de produto no seu modelo, deixando de fora a macrofase de pós desenvolvimento. O modelo de Ulrich e Eppinger (2016) envolve a fase de planejamento na macrofase de pré-desenvolvimento, sendo que as demais fases estão contidas na macrofase de desenvolvimento. O modelo de Rozenfeld et al. (2006) é mais completo do que os anteriores por abordar as três macrofases, sendo válido para bens de consumo e aplicável à indústria automotiva, além de ter uma fase de preparação da produção.

Quadro 2 - Visão geral das macrofases do processo de desenvolvimento de produtos

	Macro-fases do processo de desenvolvimento de produtos										
Autores	Pré-desenvolvimento				Desenvolvimento				Pós-desenvolvimento		
Wheelwright e Clark (1992)	Fase 1 - Geração de ideias do produto e processo e desenvolvimento do conceito	Filtro 1 - Revisão técnica	Fase 2 - Detalhamento dos limites do projeto proposto e conhecimento requerido	Filtro 2 - Revisão técnica	Fase 3 - Desenvolvimento rápido e focado de vários tipos de Projetos						
Cooper (2014)	Descoberta	Estágio 1 - Elaboração do escopo	Estágio 2 - Elaboração do caso de negócios		Estágio 3 - Desenvolvimento	Estágio 4 - Testes e validação	Estágio 5 - Lançamento	Revisão pós-lançamento			
Stanke (2001)					Desenvolv. do conceito	Definição do programa	Projeto detalhado	Avaliação e testes	Produção	Suporte e operação	Disponibilidade
Crawford e Benedetto (2011) (*)	Identificação e geração de oportunidade	Geração de conceito	Avaliação de conceitos		Desenvolvimento		Lançamento				
Ulrich e Eppinger (2016)			Planejamento		Desenvolv. do conceito	Projeto dos sistemas	Projeto detalhado	Teste e refinamento	Preparação da produção		
Rozenfeld et al. (2006) (*)		Planejamento estratégico de produtos	Planejamento do projeto		Projeto informacional	Projeto conceitual	Projeto Detalhado	Prep. da produção	Lançamento do produto	Acomp. Produto Processo	Descontinuar produto no mercado
Weber (2009)	Estratégia do produto										
			Fase inicial		Fase conceitual		Desenvolvimento da série			Quarta fase	
			Viabilidade técnica e econômica é avaliada		Acordos de consistência técnica e objetivos financeiros	Detalhamento do veículo para atender requisitos Utilização de modelos virtuais para representação do produto	Concretização das metas; Liberação para fabricação de ferramentas e fornecedores; Integração de componentes; Construção de protótipos	Preparação para lançamento		Manutenção da atratividade dos produtos	Final de produção
Silva e Kaminski (2017)	Pré-desenvolvimento										
	Macro fase Estratégia do produto Fases: Estudo de mercado; Posicionamento do produto; monitoramento do mercado								Macro fase Estratégia do produto Fases: Lançamento do produto e monitoramento do mercado		
	Macro fase Desenvolvimento do produto e processo										Macro fase Processo de desenvolvimento do produto
	Fase: Revisão técnica	Fases do desenvolvimento de produto: Desenvolvimento do conceito; desenv. Do estilo; desenv. dos módulos; testes e validação final; Fases do desenvolvimento do processo: conceito do processo ; infraestrutura; planejamento e preparação da produção; conceito do sistema de produção; processo tecnológico e automação; testes dos equipamentos ; conceito logístico; dimensionamento e alocação de recursos; pre-série; início da produção									Fase: revisão técnica
	Macro fase Produção e melhoria contínua Fase: revisão técnica								Macro fase Produção e melhoria contínua Fases: Estabilidade do processo; estabilidade da série; redução do ciclo; redimensionamento e alocação de recursos; descontinuação da série e revisão técnica		

Fonte: Autor adaptado de Amigo e Rozenfeld, 2011, p. 10.

Os modelos de Weber (2009) e de Silva e Kaminski (2017) contém a aplicação específica para a indústria automotiva. Weber (2009) apresenta a estratégia e pré-desenvolvimento não como uma macrofase, mas como atividades contínuas durante todo o processo de desenvolvimento, enquanto Silva e Kaminski (2017) propõem um modelo de interação entre as macrofases e também entre as várias fases. Colocam fases importantes de desenvolvimento de processo ocorrendo paralelamente às fases de desenvolvimento do produto e revisões técnicas no início e fim do processo de desenvolvimento. As fases de desenvolvimento de processo que incluem o conceito do processo, infraestrutura, planejamento e preparação da produção, conceito do sistema de produção, tecnologia do processo e automação, teste das instalações, conceito da logística, dimensionamento e alocação de recursos, pré-série, e início de produção, colocam o modelo como mais abrangente e com mais detalhes na execução dos processos.

Conforme Rozenfeld et al. (2006), aproximadamente 85% do custo final do produto deve-se às decisões técnicas tomadas no início do projeto, justamente onde as incertezas ainda são grandes, portanto essas decisões devem ter uma sustentação muito forte, exigindo uma intensa preparação e um trabalho conjunto do desenvolvimento com a manufatura, pois na fase de produção as possibilidades de redução de custo são mínimas.

Seguindo nesta mesma linha de raciocínio, Sharafi et al. (2010) afirmam que o projeto do processo da produção deve ser considerado nos modelos de PDP, pois fatores relacionados com a tecnologia a ser utilizada e a sequência de montagem e de fabricação é predefinida pelo produto e no início do processo, ou seja, o projeto do processo de produção já se inicia durante a fase de concepção e projeto do produto. Desta forma, tanto o layout geral de produção quanto a tecnologia fazem parte da engenharia enquanto a estratégia de suprimento e de produção está sujeita à alta administração.

Adicionalmente, Omar (2011) considera que é necessário que as empresas melhorem a eficiência de sua manufatura para enfrentar a concorrência e os desafios que se apresentam como o aumento do portfólio devido a demandas em mercados globais e emergentes. Isso motivou uma melhor compreensão do ambiente de fabricação. Estas mudanças provocam complicações no sequenciamento de diferentes modelos de veículos, na previsão de capacidade de produção e trazem uma grande diversidade de peças, portanto são necessárias novas estratégias de produção e projeto que devem ser implantadas devido à complexidade do projeto do veículo. Desta forma, o processo de fabricação automotiva desempenha um papel fundamental na decisão das características do projeto. Para isso é necessário entender e

conhecer as possibilidades e limitações da manufatura pelos projetistas. Daí a necessidade do trabalho conjunto entre manufatura e desenvolvimento do produto.

Kim (2002) enfatiza a importância do uso de uma abordagem estruturada para entender a interação entre as decisões do projeto do produto e o projeto do sistema de fabricação e para mostrar os problemas do sistema de fabricação no início do processo de desenvolvimento de produtos. Ele considera que a antecipação dos problemas do sistema de fabricação evita iterações do projeto de produto causadas por restrições do sistema de fabricação ou modificações desnecessárias do projeto do sistema de fabricação para acomodar novos produtos projetados. Cria-se um processo de avaliação da fabricação visando orientar as equipes de desenvolvimento do produto, para que sejam vistos os efeitos de suas decisões de projeto em sistemas de fabricação e, portanto, para tomar-se a decisão certa desde o início do desenvolvimento do produto.

Com a visão geral dos diversos modelos de PDP apresentados anteriormente, com os seus respectivos autores, e com a ênfase dada na necessidade de se integrar o desenvolvimento do produto com a manufatura já no início das atividades de desenvolvimento, torna-se importante o entendimento da relação entre o PDP e a manufatura com a abordagem enxuta, que será o foco da próxima seção.

2.3 RELAÇÃO ENTRE PDP ENXUTO E MANUFATURA ENXUTA

Com a intenção de melhorar as capacidades de desenvolvimento do produto foram feitas várias tentativas de aplicar a abordagem enxuta nos seus processos, porém as metodologias da produção enxuta não são diretamente aplicáveis ao desenvolvimento de produto (WELO, 2011). Além disso, a manufatura enxuta possui uma associação muito forte com produtos físicos manufaturados onde a essência está em tarefas repetitivas atingindo alta qualidade com o mínimo de custo e tempo, ou seja, maximizar o valor para o cliente enquanto se diminui o desperdício (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Desta forma, para se ter uma melhor visão dos dois ambientes, Reinertsen e Schaefer (2005) apresentam separadamente as características dos ambientes de desenvolvimento enxuto e manufatura enxuta. A manufatura tem processos repetitivos e sequenciais e as atividades são limitadas para a produção de objetos físicos. Por outro lado, o desenvolvimento possui processos não repetitivos e não sequenciais. As atividades são ilimitadas, e a entrega é a informação, no entanto, se realizadas duas ou mais vezes não agregam valor. Adotar riscos

racionalmente é muito importante para que se possa agregar valor neste ambiente. Para eles a grande questão é como os princípios enxutos são aplicados no desenvolvimento de produtos. Algumas abordagens podem produzir efeitos positivos na manufatura, porém prejudicar o desenvolvimento. Outras podem resultar em benefícios maiores para o desenvolvimento do que para a manufatura.

Machado e Toledo (2006) afirmam que, na manufatura, os princípios enxutos possuem características onde o produto é facilmente identificado fazendo parte de um sistema metódico. Diferentemente no PDP, as metas são difíceis de visualizar e os métodos são difíceis de mensurar, há uma dificuldade na filtragem das informações e identificação dos conhecimentos necessários, as interações são muitas vezes necessárias e benéficas, a empresa direciona as necessidades que são trazidas pelo cliente, o processo permite a inovação e há uma busca pela redução do tempo de ciclo de desenvolvimento do produto.

O Quadro 3, contendo um composto da abordagem de Welo (2011), de Reinertsen e Schaeffer (2005) e de Machado e Toledo (2006), mostra as características dos dois ambientes. Enquanto Welo (2011) faz sua abordagem em relação aos objetivos, valor agregado, produto, tarefas, pessoas e processos; Machado e Toledo (2006) focam nos princípios enxutos e; Reinertsen e Shaeffer (2005) apenas fazem uma descrição para caracterizar os dois ambientes. Conforme esses autores, a aplicação dos princípios e de práticas enxutas no ambiente de desenvolvimento de produtos deve ser adequada para poder resultar em sucesso para a empresa.

Embora Welo (2011) entenda que uma característica do ambiente de manufatura com relação ao elemento “pessoas” seja a atuação de profissionais técnicos e de chão de fábrica com nível de formação básica, nota-se na prática que é necessário o trabalho de engenheiros e projetistas graduados para executar atividades que requerem alto nível de especialização. Assim também quanto à afirmação sobre o reuso no ambiente de desenvolvimento, onde ele conclui que isso faz com que o trabalho fique maçante, sendo que na literatura o reuso é apontado como uma prática enxuta utilizada no desenvolvimento de produtos para reduzir custos e que deve ser explorada intensamente. Além disso, Omar (2011) afirma que é necessário haver uma integração da área de desenvolvimento com a de manufatura para se poder fabricar um produto cujo projeto deve estar de acordo com as premissas dos dois ambientes inclusive com o projeto de leiaute. Mital et al. (2014) acrescentam que quando um produto é projetado para ser montado com facilidade, isso irá reduzir significativamente os prazos de montagem final, levando a uma economia de recursos matérias e de mão de obra.

Desta forma, pode-se notar que o foco dos dois ambientes está na eliminação de desperdícios que são diferentes nos dois processos, PDP e manufatura. Um aspecto importante

é entender que a relação entre o PDP e a manufatura está direcionada para o desenvolvimento de um projeto que atenda os objetivos de mercado e que implique maior facilidade na sua manufatura (WARD et al., 1995).

Quadro 3 – Características do ambiente de manufatura e de desenvolvimento do produto

(continua)

Elementos	**Ambiente da Manufatura**	**Ambiente do Desenv. de Produto**	**Autor**
	Característica		
Objetivo	• Usar matéria prima (por meio de máquinas ou manualmente) a fim de transformá-la em produtos físicos que atendam metas estratégicas.	• Construir uma biblioteca de informações úteis que coletivamente reduzem o risco ao produzir um novo produto.	Welo (2011)
Valor agregado	• Definições claras e simples de desperdícios e valor: ferramentas comprovadas disponíveis.	• Nenhuma definição precisa para separar o valor de desperdícios: sem ferramentas comprovadas.	Welo (2011)
1º. princípio enxuto (defina precisamente o valor)	• Valor visível em cada etapa, meta definida.	• Difícil de enxergar, metas emergentes.	Machado e Toledo (2006)
	• Alto processamento para o tempo total (conteúdo de valor agregado).	• Baixo tempo de processamento total (conteúdo de valor agregado).	Welo (2011)
	• Noção de valor principalmente vinculada à qualidade, entrega e custos.	• Noção de valor inclui vários desejos de clientes, preferências e significados.	
	• Desperdício facilmente visível; talvez abordado no nível de micro processos.	• A maioria dos desperdícios não é facilmente visível; a abordagem tem que ser a nível do sistema.	
	• Os desperdícios são provenientes principalmente de executar atividades desnecessárias.	• Desperdícios provém principalmente de atividades com entrada incorreta.	
2º. princípio enxuto (Ident. o fluxo do valor)	• Objeto físico.	• Informação e conhecimento.	
	• Partes e material.		Machado e Toledo (2006)
3º. princípio enxuto (Fazer o processo fluir)	• As interações (ex.: retrabalho devido a interação tardia) são desperdícios.	• As interações frequentemente são benéficas.	

Quadro 3 – Características do ambiente de manufatura e de desenvolvimento do produto

(continuação)

Elementos	**Ambiente da Manufatura**	**Ambiente do Desenv. de Produto**	**Autor**
	Característica		
4º. princípio enxuto (Sistema Puxado)	• Direcionado pelo tempo da produção (*takt-time*).	• Direcionado pelas necessidades da empresa.	Machado e Toledo (2006)
5º. princípio enxuto (Perfeição)	• Processo sem erros e repetível.	• Processo permite a inovação e reduz tempo de ciclo de vida do produto.	
Produto/ armazenamento	• Visível.	• Invisível.	Welo (2011)
	• Ocupa um lugar por vez.	• Múltiplos locais ao mesmo tempo.	
	• Os requisitos do produto são restrições (ou limitações).	• Os requisitos do produto representam oportunidades (valor).	
	Conformidade às exigências • produto é facilmente identificado	• Decisões constantes sobre o que é bom ou não; • Avaliações constantes se os benefícios econômicos de melhorias justificam os custos; • Adaptar constantemente devido a informações novas.	Reinertsen e Schaeffer (2005)
Tarefas	• Os resultados são previsíveis e fixos.	• Os resultados são imprevisíveis, flutuantes.	Welo (2011)
	• Melhor ter menos tarefas: ações que não agregam valor devem ser removidas.	• Nem sempre ter menos tarefas é melhor: aparentemente o desperdício no nível da ação pode gerar valor no nível do sistema.	
	• A duração é consistente (dentro de limites apertados).	• A duração não é consistente (e imprevisível).	
	• Feito por máquinas e depois pessoas.	• Feito por pessoas e depois por máquinas.	
Tarefas	• Exigências de início definido e prazo inegociável.	• Adaptar constantemente devido a informações emergentes	Reinertsen e Schaeffer (2005)

Quadro 3 – Características do ambiente de manufatura e de desenvolvimento do produto

(continuação)

Elementos	Ambiente da Manufatura	Ambiente do Desenv. de Produto	Autor
	Característica		
Tarefas	• Riscos de desvios mitigados; • Assumir riscos não é um mecanismo para adicionar valor.	• Riscos assumidos: - medo de erro impede a chance de explorar novas e promissoras tecnologias com prospectos de incertezas; - estas tecnologias podem criar benefícios que superam os custos; - incerteza no resultado de investir em tecnologias não testadas, no desempenho e no custo e no tempo; - assumir riscos é o fator principal para adicionar valor.	Reinertsen e Schaeffer (2005)
Pessoas	• Profissionais técnicos e de chão de fábrica com nível de formação básica.	• Engenheiros e projetistas graduados.	Welo (2011)
	• Disciplinado e cumpridor de procedimentos e métodos elaborados por outros.	• Hesitante para cumprir regras e procedimentos.	
	• Entendimento submisso que reuso economiza tempo e esforço e reduz exposição ao risco.	• Reuso faz o trabalho ficar maçante e evita a aprovação de novos produtos.	
	• Cultura de equipe que promove o seguro e bem estabelecido, evitando riscos.	• Indivíduos que promovem o empreendedorismo, a criatividade e a tomada de riscos.	
Processo	• Processo operacional dentro da definição rigorosa de um processo	• Um processo em um contexto mais amplo e em parte uma rede, com entradas, atividades e resultados flutuantes.	
	• Simples e linear com uma série de etapas repetitivas, sequenciais que tratam de objetos físicos.	• Informação complexa e não linear, geradora, transformadora e de integração.	

Quadro 3 – Características do ambiente de manufatura e de desenvolvimento do produto

(conclusão)

Elementos	Ambiente da Manufatura	Ambiente do Desenv. de Produto	Autor
	Característica		
Processo	• Variabilidade proibida (desperdício).	• Variabilidade um meio necessário para agregar valor, especialmente no *front-end*.	Wello (2011)
	• Principalmente operações independentes (sem ou baixo grau de adaptatividade).	• Operações inter-relacionadas (alto grau de adaptatividade).	
	• Duração de segundos e minutos.	• Duração de meses e anos.	
	• Requisitos são fixados em todas as etapas do processo.	• Alguns requisitos são corrigidos, mas muitas mudanças durante o processo (as vezes, o contexto inteiro).	
	• Processos repetitivos, sequenciais e delimitados que produzem objetos físicos; • Processo sequencial acrescenta valor aos objetos físicos	• Processos não repetitivos: cria oportunidades de trabalho não sequencial; • Acrescenta valor à informação que pode estar em vários lugares ao mesmo tempo; • Cria oportunidades de feedback em uma forma não disponível em processos sequenciais; • Não acrescenta valor quando faz duas vezes a mesma coisa.	Reinertsen e Schaeffer (2005)
	• Variabilidade tem efeito ruim enquanto que a redução dela melhora o processo.	• Não é possível eliminar toda a variabilidade sem eliminar o valor agregado; • Separar a variabilidade boa da má; • Variabilidade boa cria valor econômico.	

Fonte: Autor adaptado de Welo, 2011, p. 318.

2.4 VISÃO GERAL DO DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO (DEP)

A aplicação de princípios e práticas para aumentar a eficácia e eficiência do desenvolvimento de produtos tem incentivado pesquisadores de diferentes áreas a estudar o

tema. Na literatura encontramos várias abordagens diferentes, sendo que entre as principais está o desenvolvimento enxuto de produtos. Este termo foi usado para descrever o método Toyota de DP com seus respectivos princípios e práticas. Devido ao fato das práticas do sistema de desenvolvimento enxuto de produtos da Toyota terem mostrado resultados de menor custo e de desenvolvimentos mais rápidos, além de uma qualidade maior do que os concorrentes do mercado automotivo ocidental, acabou despertando o interesse geral (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Browning (2000) afirma que o desenvolvimento de produtos enxuto objetiva aumentar o valor agregado ao cliente desenvolvendo atividades necessárias que agregam valor e eliminando as que não são necessárias, junto com as informações erradas ou incompletas que geram retrabalhos. Assim, essa necessidade de maior eficiência e eficácia tem influenciado o desenvolvimento do produto para que haja uma introdução mais rápida de produtos melhores e menos onerosos no mercado (BROWNING et al., 2002).

Não somente isso, mas também a transformação de uma oportunidade que se apresenta no mercado em um produto tangível e que atende às expectativas do cliente e às metas estratégicas de uma organização é a característica do desenvolvimento de produtos com todas as suas atividades inter-relacionadas. Este processo de transformação é o PDP e é considerado pelas empresas como sua alavanca competitiva para sobrevivência em um ambiente competitivo (BROWNING; RAMASESH, 2007).

2.5 PRINCÍPIOS ENXUTOS

Vários autores defendem que não é somente na manufatura que se pode aplicar os princípios enxutos, mas em toda a cadeia de valor, sendo o desenvolvimento de produtos uma área de alto potencial para sua aplicação (MCMANUS, 2005; HOPPMANN et al., 2011; RAUCH; DALLASEGA; MATT, 2015). É nela que se definirá o valor para o cliente por meio da determinação da aparência física do produto, material a ser utilizado e, consequentemente, dos processos de fabricação que serão aplicados. Por consequência, isso impactará diretamente no custo, tempo de desenvolvimento e na qualidade do produto (HOPPMANN et al., 2011).

Haque e James-Moore (2004) identificam um déficit nos resultados esperados no desenvolvimento de produtos, mesmo com o sucesso obtido na aplicação da engenharia simultânea, e sugerem a aplicação dos mesmos princípios enxutos básicos tradicionais, apontados por Womack e Jones (2004) para poder superar essas deficiências. Da mesma forma,

Oppenheim (2004) descreve esses cinco princípios da manufatura enxuta, também na perspectiva de desenvolvimento de produtos, associando-os a técnicas e ferramentas enxutas derivadas da literatura.

Empresas brasileiras com estratégias consolidadas de manufatura enxuta não somente desempenham melhor nos seus processos produtivos, mas ao aplicarem os princípios enxutos no PDP, o seu produto também estará obtendo sucesso no mercado, é o que Pinheiro e Toledo (2014) demonstram em seu trabalho.

2.5.1 Aplicação dos princípios enxutos no PDP

Antes de aplicar os princípios enxutos, é necessário entender sua ideia central e adaptá-los ao contexto onde deverão estar inseridos. Ainda se têm dúvidas sobre quais seriam os principais. Desta forma, pesquisadores e estudiosos apresentam várias abordagens diferentes com o objetivo de diminuir os ciclos de desenvolvimento, eliminar desperdícios e custos, objetivando no final agregar valor para o cliente e para a empresa. A seguir são mostrados os princípios enxutos identificados por alguns autores.

Mascitelli (2004) coloca o objetivo básico do desenvolvimento enxuto como sendo a integração das atividades de desenvolvimento de produto com os processos de fabricação da empresa e para atingir esse objetivo ele apresenta cinco princípios (Quadro 4), que são aplicáveis a um ambiente não repetitivo como o desenvolvimento de produtos, onde os desperdícios serão eliminados e ela atingirá a excelência.

Quadro 4 - Os cinco princípios do desenvolvimento enxuto

Princípio 1	Defina precisamente o problema do cliente e identifique as funções específicas que devem ser realizadas para resolver o problema
Princípio 2	Identifique o processo mais rápido pelo qual as funções identificadas possam ser integradas em um produto de baixo custo e alta qualidade.
Princípio 3	Tire qualquer item de custo redundante ou desnecessário para revelar uma solução ótima de produto
Princípio 4	Ouça a voz do cliente frequentemente e iterativamente durante todo o processo de desenvolvimento.
Princípio 5	Incorpore ferramentas e métodos de redução de custos às suas práticas de negócios e à sua cultura para permitir a redução contínua de custos.

Fonte: Mascitelli, 2004, p.19.

Com foco na minimização dos custos totais de material, tempo e esforço humano no desenvolvimento de produtos, Womack e Jones (2004) apontam para a aplicação de cinco princípios básicos da mentalidade enxuta no desenvolvimento de produto: defina precisamente

o valor de um produto específico com capacidades específicas oferecidas a um preço e tempo específico na perspectiva do cliente; identifique a cadeia de valor; faça fluir as atividades que criam valor e; o processo deve ser puxado pelo cliente e a busca pela perfeição. Isso fará com que a empresa seja conduzida a um estado enxuto em seus processos, resultado esse obtido ao se eliminar os desperdícios nas operações. Eles apontam que os princípios enxutos devem ser aplicados a toda a empresa, devendo, portanto, ser estendidos para o PDP.

Morgan e Liker (2008), por sua vez, apresentam o desenvolvimento de produto em três subsistemas, pessoas, processos e tecnologia, distribuindo treze princípios entre eles. Na perspectiva do subsistema de processos são quatro: identifique valor definido pelo cliente para separar valor agregado do desperdício; concentre esforços no início do processo de desenvolvimento do produto para explorar integralmente soluções alternativas enquanto existe máxima flexibilidade do projeto; crie um nivelamento de fluxo do processo de desenvolvimento do produto; utilize padronização rigorosa para reduzir variação, criar flexibilidade e resultados previsíveis. Na perspectiva de pessoas, são seis: desenvolva um sistema de engenheiro chefe para integrar o desenvolvimento de produto do início ao fim; organize para balancear a competência funcional com a integração multifuncional; desenvolva competência técnica superior em todos os engenheiros; integre plenamente os fornecedores ao sistema de desenvolvimento do produto; consolide o aprendizado e a melhoria contínua; construa uma cultura de suporte à excelência e à melhoria ininterrupta. Na perspectiva de ferramentas e tecnologia são mais três: adapte a tecnologia ao pessoal e ao processo; alinhe a organização mediante comunicação simples e visual; use ferramentas poderosas para padronização e aprendizado organizacional. Ele enfatiza que as empresas que atingem uma maturidade na aplicação destes princípios em seus processos acabam se distinguindo das demais no atendimento aos clientes e consequentemente nos resultados alcançados, tornando-se desta forma altamente competitivas.

Cooper e Edgett (2008) identificaram, por meio de um estudo baseado em fatos, sete princípios que as empresas mais eficientes aplicam em seu PDP, tornando-o assim mais flexível, adaptável e mais aberto ao ambiente externo além de mais produtivo. Esses princípios incluem conceitos como: foco no cliente; *Front-End Loaded* (avaliação do mercado, avaliações técnicas, voz do cliente, análise financeira detalhada); desenvolvimento espiral; abordagem holística impulsionada por equipes multifuncionais; métricas, prestação de contas e melhoria; foco na gestão efetiva do portfólio; processo moderno de portais de estágios (*Stage Gates*).

Reinertsen (2009) afirma que os elementos-chave dos princípios enxutos no desenvolvimento de produtos são a criação de fluxo, tornando o processo mais ágil e eficiente,

a eliminação do desperdício e a redução da variabilidade excessiva do processo, lembra, porém, que a variabilidade nem sempre é ruim. Acrescenta que, não se pode adicionar valor sem adicionar variabilidade, porém, pode-se adicionar variabilidade sem adicionar valor.

Por outro lado, Ward (2011) alerta para o fato de que não é suficiente aplicar os princípios da manufatura enxuta em conjunto com a engenharia simultânea para construir um desenvolvimento enxuto de produtos. O desenvolvimento deve criar fluxo de valor entre os clientes internos do desenvolvimento de produtos que são os departamentos operacionais, sendo que a produção é o principal deles. Inclui atividades desde a identificação e o reconhecimento de uma oportunidade até sua produção, além disso, procura enxergar os desperdícios no desenvolvimento dos produtos que são diferentes da manufatura. É por causa disso que essas empresas desempenham melhor.

O trabalho de Dombrowski, Schmidtchen e Krenkel (2014) apresenta vários métodos de desenvolvimento enxuto categorizados dentro dos sete princípios de desenvolvimento enxuto do produto: melhoria contínua; padronização; visualização; princípio do fluir e puxar; princípio do zero defeito; liderança e pessoas. Cada princípio tem seus respectivos métodos relacionados que eles entendem serem os que mais se adaptam ao respectivo princípio. Para uma melhor visualização, o Quadro 5 mostra essa associação.

Quadro 5 - Princípios e métodos de desenvolvimento enxuto de produtos

Desenvolvimento Enxuto de Produtos							
Princípios	Melhoria Contínua	Padronização	Visualização	Princípio do Fluir e Puxar	Princípio do Zero Defeito	Liderança e Pessoas	*Frontloading*
Métodos	Curvas de *Trade-Off* criadas pelos engenheiros e pelos fornecedores	Padronização do processo	Monitoramento do portfólio de projetos	Sicronização dos processos	Decomposição da função qualidade (QFD) para analisar requisitos do cliente	Implantar cultura de não atribuir culpa ou achar culpados	Engenharia simultânea baseada em conjuntos
	Mapeamento do fluxo de valor desde o fornecedor até o cliente final	Padrões de trabalho	Visualização da situação atual alcança transparência para os diferentes projetos	Nivelamento das tarefas de desenvolvimento	Evitar modificações nos processos seguintes	Coaching e mentoring	Reutilização de conhecimento
		Estratégia de reuso de peças	Buscar a informação e gerenciá-la	Cadência de projetos	Portais de estágios ou de qualidade (*Quality gates*)	Engenheiro chefe é responsável por todo o processo de desenvolvimento	Forte relação entre fornecedor e cliente
		Conhecimento dos produtos e peças existentes	Reuniões gerenciadas pelo engenheiro chefe	Comunicação e reuniões regulares e eficientes entre os envolvidos no projeto, inclusive fornecedores e clientes	Catálogo com os requisitos padrões		
		Eliminação de desperdícios nos processos seguintes		Estabelecimento de padrões para garantir comunicação eficiente			

Fonte: Autor adaptado de Dombrowski, Schmidtchen e Krenkel, 2014.

León e Farris (2011) enfatizam que não há um entendimento geral sobre os princípios enxutos principais que melhor se aplicam ao desenvolvimento enxuto de produtos.

Esse conceito centrado no valor para o cliente é importante como estratégia a ser perseguida pelas empresas que procuram se diferenciar de outras no mercado, dentro de um ambiente altamente dinâmico e competitivo de avanço tecnológico e de mudanças frequentes de mercado, desta forma, os princípios enxutos podem ser aplicados ao PDP para melhorar a gestão de criação de valor (CAI, 2011).

E de forma complementar, McManus, Haggerty e Murman (2005) afirmam que a gestão do PDP precisa ter como objetivo a criação de produtos certos que aumentam o valor para a empresa e os envolvidos (*stakeholders*), com um ciclo de vida efetivo e a integração da empresa, usando processos de engenharia eficientes e aplicando os princípios enxutos para a eliminação dos desperdícios, diminuição do tempo de desenvolvimento e aumento da qualidade.

Os princípios enxutos apresentados pelos diversos autores citados nesta seção da revisão bibliográfica são mostrados no Quadro 6. Apesar das diferenças entre eles, o agrupamento sugerido tem foco em se obter uma máxima similaridade possível nas suas características comuns e uma correspondência parcial entre eles. Utiliza-se os princípios apontados por Morgan e Liker (2008) como base para elaboração do quadro, pois trazem uma maior quantidade e abrangência, focando em processos, pessoas e ferramentas, facilitando a identificação e o agrupamento dos demais.

De forma geral, nota-se que há uma grande tendência nos autores a focarem seus princípios no subsistema processos, ou seja, na padronização dos processos diminuindo desperdícios e, consequentemente, na geração de valor para o cliente e no atendimento de metas por eventos predeterminados, concentrando esforços em atividades que exploram múltiplas soluções no início. Cooper e Edgett (2008) também colocam a utilização de uma abordagem do PDP como princípio, ou seja, o foco no processo de portais moderno, o que é compatível com o atendimento de metas por eventos que no caso é o atendimento aos critérios de passagem nos portais. No subsistema pessoas, autores procuram evidenciar a liderança forte das equipes que devem ser multifuncionais e com alta especialização ou conhecimento. Além disso, o foco aqui é também nos fornecedores e sua integração desde o início do desenvolvimento e a busca pela melhoria contínua visando a perfeição. Já no subsistema ferramentas, a essência fica por conta da comunicação visual, uso da tecnologia adaptada ao pessoal e aprendizado organizacional.

Quadro 6 - Abordagens diversas dos princípios enxutos com relação aos subsistemas

Subsistema	Morgan e Liker (2008)	Womack e Jones (2004)	Mascitelli (2004)	Ward (2011)	Cooper e Edgett (2008)	Reinertsen (2009)	Dombrowski, Schmidtchen e Krenkel (2014)
	Princípios enxutos do desenvolvimento de produtos						
Processos	Identifique valor definido pelo cliente para separar valor agregado do desperdício	Defina precisamente o valor de um produto	Defina precisamente o problema do cliente	Foque na criação de valor	Foco no cliente	Eliminação do desperdício	
		Processo deve ser puxado pelo cliente	Ouça a voz do cliente frequentemente e interativamente				
			Tire fora qualquer item de custo redundante ou desnecessário				
	Concentre esforços no início do processo de desenvolvimento do produto para explorar integralmente soluções alternativas enquanto existe máxima flexibilidade do projeto			Explore múltiplas soluções	Trabalho antecipado explorando alternativas e soluções		*Frontloading*
	Crie um nivelamento de fluxo do processo de desenvolvimento do produto	Identifique o fluxo de valor	Identifique o processo mais rápido para ter produto de baixo custo e alta qualidade	Mantenha o momento com um ciclo cadenciado, repetitivo e puxado a partir de eventos alvo	Desenvolvimento espiral	Redução da variabilidade excessiva do processo	Fluir e puxar
		Faça fluir as atividades que criam valor			Processo moderno de Portais de estágios (*Stage Gate)*	Criação do fluxo	
	Utilize padronização rigorosa para reduzir variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis				Métricas, prestação de contas e melhoria		Padronização e princípio do zero defeitos
Pessoas	Desenvolva um sistema de engenheiro chefe para integrar o desenvolvimento de produto do início ao fim			Providencie liderança			Liderança e pessoas
	Organize para balancear a competência funcional com a integração multifuncional			Recorra à equipe inteira de especialistas.	Abordagem holística impulsionada por equipes multifuncionais		
	Desenvolva competência técnica superior em todos os engenheiros						
	Integre plenamente os fornecedores ao sistema de desenvolvimento do produto						
	Consolide o aprendizado e a melhoria contínua						Melhoria contínua
	Construa uma cultura de suporte à excelência e à melhoria ininterrupta	Busca pela perfeição					
Ferramentas	Adapte a tecnologia ao pessoal e ao processo						
	Alinhe a organização mediante comunicação simples e visual						Visualização
	Use ferramentas poderosas para padronização e aprendizado organizacional		Métodos e ferramentas de redução de custo contínua				

Fonte: Autor.

Ao compararmos os detalhes dos princípios enxutos identificados por eles, poderemos destacar algumas semelhanças principais. Morgan e Liker (2008), Womack e Jones (2004), Mascitelli (2004) e Cooper e Edgett (2008) apontam para a necessidade de se focar no valor para o cliente, ou seja, extrair do cliente aquilo que ele considera importante no produto final. Isso significa que ele precisa ser ouvido constantemente e atendido. Fazer um trabalho antecipado de exploração de alternativas é apontado por Morgan e Liker (2008), Ward (2011), Cooper e Edgett (2008), e Dombrowski, Schmidtchen e Krenkel (2014) como um princípio importante, e esse princípio deve ser buscado para se conhecer de antemão os possíveis problemas que podem ocorrer no processo de desenvolvimento. A criação de um fluxo nivelado e cadenciado, de modo a criar valor no processo, é determinante para todos eles, ou seja, confirmam que fazer o processo de desenvolvimento de forma cadenciada e nivelada é um princípio a ser buscado pelas empresas que quiserem se destacar das demais. A busca pela excelência, perfeição ou melhoria contínua é apontada pelos autores Morgan e Liker (2008), Womack e Jones (2004) e Dombrowski, Schmidtchen e Krenkel (2014) como sendo importante em seu trabalho. Melhorar o PDP continuamente é, de fato, um princípio a ser buscado para se atingir a excelência e perfeição.

2.5.2 Desperdícios típicos do PDP

A eliminação de desperdícios é fundamental ao se tratar da aplicação dos princípios enxutos no PDP. É necessário, no entanto, saber identificá-los e localizá-los para que se possa os eliminar.

O Quadro 7 mostra os desperdícios no PDP apontados pelos diversos autores identificados neste trabalho. Objetiva-se mostrar uma possível similaridade entre eles, focando nas suas características comuns ou parciais e sempre relacionadas com o desenvolvimento de produtos. A primeira coluna corresponde à definição de Womack e Jones (2004) que, além dos sete desperdícios apontados para a manufatura enxuta, considera desperdício o desenvolvimento de produtos defeituosos, que não atendem às expectativas dos clientes. Na segunda coluna foi colocada a definição de Bauch (2004) que coloca, além dos sete desperdícios da manufatura, a reinvenção devido ao baixo conhecimento, a falta de disciplina e transparência na colocação dos objetivos e responsabilidades e treinamento, e a integração de tecnologia da informação falha, como os principais desperdícios. Liker (2005), na terceira coluna, também acrescenta um desperdício aos sete típicos da manufatura e que pode ser aplicado no desenvolvimento do produto, que é a não utilização da criatividade dos funcionários.

Quadro 7 - Definição de desperdícios típicos de desenvolvimento do produto e autores

Desperdícios típicos em desenvolvimento de produtos					
Autores	**Womack e Jones (2004)**	**Bauch (2004)**	**Liker (2005)**	**Ward (2011)**	**Morgan e Liker (2008)**
• dispersão (Scatter)				ações de gestão tais como reorganização e variação da carga de trabalho que tornam difícil que o conhecimento chegue ao lugar certo	falta de sincronia entre as tarefas do PDP trabalhando prematuramente ou não verificando sua compatibilidade com o sistema
					reuniões supérfluas, criação de relatórios de situações redundantes e revisões improdutivas de projetos
				barreiras de comunicação tais como o uso de múltiplos formulários de papel para carregar informações por meio de canais	
		recursos limitados de TI, incluindo baixa compatibilidade, baixa capabilidade, baixa capacidade		ferramentas inadequadas, as quais na maioria das vezes geram informações que teriam sido úteis para evitar um problema passado, mas que não impedem eficientemente problemas futuros	
• desconexão (Hand-off)		Falta de disciplina no sistema relacionada com metas, objetivos, papeis, responsabilidades, regras e direitos não claros, insuficiente prontidão para cooperação, disciplina fraca para cumprir prazos ou planejamento, incompetência e treinamento deficiente		o desperdício mais crítico, que ocorre sempre que uma empresa separa responsabilidade, conhecimento, ação e feedback	transferência desnecessária de tarefas, indefinição ou excessiva distribuição de informações
				informações inúteis, geralmente geradas para fornecer à administração a ilusão de controle	
				espera, a prática de colocar o aprendizado de desenvolvimento em lotes de modo que o conhecimento flua apenas em uma direção	tempo de espera por decisões, resultados ou distribuição da informação
• ilusão (Wishfulthinking)	projetos de produto e serviços que não atendem às necessidades dos clientes	Re-invenção, incluindo reutilização deficiente de projeto, reutilização deficiente de conhecimento	perda de tempo por não envolver ou ouvir todos os funcionários	tomar decisões sem dados	erros de engenharia ou falhas de sistema
				teste quanto às especificações, o que deixa o produto vulnerável a problemas raros demais para que as especificações os detectem	inspeção para detectar problemas de qualidade ou para consertar defeitos, alterações tardias
				e conhecimento descartado, o que significa deixar de colocar tudo o que foi aprendido durante um projeto em uma forma utilizável.	informações ou conhecimentos que não fluem ou não utilizados

Fonte: Autor.

Na quarta coluna está a proposta de Ward (2011) que afirma que os desperdícios mais importantes em desenvolvimento são os de conhecimento, são consequências de atividades de desenvolvimento e estão categorizados em três grupos, sendo que cada grupo está categorizado em mais duas categorias associadas: dispersão (*Scatter*); desconexão (*Hand-off*); ilusão (*Wishfulthinking*). É bem detalhada e aponta a solução dos desperdícios do conhecimento por meio de um pensamento enxuto, sugerindo práticas e ferramentas para serem aplicadas para eliminá-las, entre elas está a engenharia simultânea baseada em conjuntos (ESBC), a inovação, encontrar a causa raiz, FMEA (Análise da influência possível de falha), mapas da linha do tempo, além de ações que levam a verificação do desempenho, retornos sobre investimento, taxa de projetos defeituosos, taxa de aprendizado e a fração de tempo do desenvolvedor que

agrega valor. A quinta coluna refere-se à proposta de Morgan e Liker (2008). Para eles, se em qualquer processo a atividade não agregar valor para o cliente e consumir recursos na empresa, ela é considerada desperdício. Eles se basearam nas sete categorias tradicionais de desperdícios provenientes da manufatura e as adaptaram para o desenvolvimento de produto, no entanto mantiveram a denominação. Eles propõem ferramentas utilizadas neste ambiente adaptadas para o desenvolvimento do produto para eliminá-los, sendo que uma das principais é a utilização de mapeamento do fluxo de valor.

Semelhantemente, Womack e Jones (2004) e Salgado et al. (2009) propõem o mapeamento de fluxo de valor para identificar todos os desperdícios no PDP que substituiu abordagens convencionais de relatórios a partir da perspectiva de análise, fornecendo uma plataforma visual para capturar a entrada e a saída dos procedimentos, recursos envolvidos, tempo do ciclo e tempo utilizado. Womack e Jones (2004) também concluíram que o 5S pode ser aplicado ao DP focando simplesmente na eliminação de informações indesejadas, ao invés de organização do ambiente e, assim, também com as demais ferramentas tradicionais da manufatura como KAIZEN, mapeamento de processos e outras ferramentas básicas de qualidade, sendo sempre necessária sua adaptação ao ambiente do desenvolvimento de produtos.

2.6 PRÁTICAS E TÉCNICAS ENXUTAS

Implantadas inicialmente com sucesso na manufatura enxuta, as práticas e técnicas enxutas também têm sido utilizadas em outras áreas, como no desenvolvimento do produto (Hoppmann et al., 2011). Algumas empresas, no entanto, ainda não estão preparadas em aplicá-las, tanto pelo desconhecimento teórico, quanto pela falta de *know-how* na sua correta execução, obtendo assim, resultados aquém dos esperados (ZANATTA, 2010). Diversos autores, como os elencados no Quadro 8, demonstram em seus estudos que a aplicação destas práticas associadas aos princípios enxutos geram resultados positivos, proporcionando não apenas uma diminuição no tempo global do processo, como também uma redução de custos no desenvolvimento de produtos. Eles fazem recomendações às organizações para sua aplicação de forma conjunta, não apenas individual, levando em consideração também os princípios enxutos em suas abordagens. Lembram, no entanto, que devido às singularidades de cada organização a sua aplicação não é tão simples.

Se por um lado a tecnologia e o desempenho de produtos afetam as escolhas dos clientes, por outro, elas também exercem influência sobre a manufatura, trazendo consequências sobre

a produtividade, qualidade e participação no mercado. Desta forma, práticas de desenvolvimento enxuto de produto, como o gerenciamento forte de projetos, envolvimento de fornecedores, engenharia simultânea, integração de atividades e times multifuncionais, são fundamentais para auxiliarem no desenvolvimento de produtos segundo Clark et al. (1987).

Da mesma forma, Brown (2007) afirma que a utilização de determinadas práticas enxutas no processo de desenvolvimento do produto está relacionada com o sucesso de projetos de desenvolvimento de produtos. Constatou, ao pesquisar empresas de manufatura, que os resultados obtidos mostram que, com a aplicação de um conjunto de práticas, há um maior atendimento ao cronograma, aos custos planejados de desenvolvimento e dos produtos, qualidade, receitas e participação de mercado, além de mostrar também uma ligação muito forte dessas práticas enxutas com princípios enxutos de desenvolvimento de produtos. Ele identificou componentes que impactam na melhoria do desempenho como: desenvolvimento de produto usando conjuntos de projetos; mapeamento de fluxo de valor; métodos de trabalho padronizado; engenharia simultânea; mudança enxuta e melhoria de processo habilitada em todos os níveis organizacionais; fluxo de informações alinhado com fluxo de processo; conhecimento de engenharia centralizado e documentado; tecnologias avançadas de pesquisa; engenharia baseada em conhecimento; manufatura digital; ferramentas enxutas especiais usadas para executar melhorias no processo; gerenciamento de portfólio de produtos; e resultados de desenvolvimento de produtos medidos com métricas adequadas. Ele também afirma que uma das ações necessárias é o envolvimento da manufatura no desenvolvimento do produto.

Seguindo por essa mesma linha, Karlsson e Åhlström (1996) afirmam que o desenvolvimento de produtos enxuto deve ser visto como parte da estratégia de produção, sendo necessário que técnicas sejam aplicadas em um contexto harmônico e sejam inter-relacionadas ao desenvolvimento de produtos, a fim de auxiliar as empresas a introduzirem produtos novos no mercado com mais rapidez e antes dos concorrentes. Segundo eles, as técnicas que devem ser aplicadas em conjunto são: envolvimento do fornecedor, equipes multifuncionais, engenharia simultânea, integração funcional, uso da estrutura forte de equipe e gestão estratégica de projetos. Também entendem que a melhoria contínua é um fator essencial em direção ao estado enxuto, onde a consciência da necessidade de mudança seja estabelecida e que englobe o conceito enxuto como um todo.

Schuh, Lenders e Hieber (2008) também afirmam que para implantar um sistema de valores enxutos em uma empresa é necessário mais do que apenas o uso dos métodos e ferramentas corretos, deve-se desenvolver uma cultura que identifica as necessidades de mudanças e estar preparado para elas. A aplicação dos princípios é essencial para que isso

ocorra, além de práticas como possuir um gerente forte de projetos, padronização de processos e a engenharia concorrente baseada em conjuntos.

Já o trabalho de Khan (2012) foca nas práticas de desenvolvimento enxuto de produtos para construir seu modelo inovador para implantar o desenvolvimento enxuto de produtos. A abordagem adotada foi primeiramente a formulação de uma lista onde quarenta e sete facilitadores de DEP, que foram identificados como elementos integrantes do Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produtos (STDP). Esses facilitadores foram classificados em três categorias: facilitadores principais; técnicas e; ferramentas. Os facilitadores principais são aqueles que receberam a maior atenção na literatura e parecem ser os elementos mais distintivos. No caso do DEP, são: engenharia simultânea baseada em conjuntos, foco no valor (mapeamento do fluxo de valor no planejamento e desenvolvimento), engenheiro chefe, liderança técnica, foco no conhecimento e cultura de melhoria contínua.

Ao apresentar um método apropriado de avaliação de empresas para verificar se possuem o PDP enxuto, Dal Forno (2012) baseou-se na identificação das práticas enxutas mais encontradas nos trabalhos acadêmicos: engenharia simultânea e integração entre áreas, engenheiro chefe, envolvimento inicial do fornecedor, estrutura organizacional adequada, gestão visual, modularidade, padronização, rede de aprendizado, engenharia simultânea baseada em conjuntos, simulação virtual, voz do cliente e mapeamento do fluxo de valor.

Em trabalho de pesquisa posterior, referente à indústria automotiva, Dal Forno et al. (2014) concluíram que as práticas mais representativas foram: envolvimento inicial do fornecedor; padronização; utilização de software; biblioteca de projetos; melhoria contínua do processo; e treinamento dos funcionários.

As empresas têm evidenciado uma transferência dos princípios enxutos da manufatura para o PDP, no entanto, a aplicação das práticas e ferramentas não tem acompanhado o mesmo ritmo, é o que constataram Pinheiro e Toledo (2014) em sua análise. Para chegar a essa conclusão basearam sua pesquisa nas práticas contidas na revisão da literatura de aplicação do mapeamento do fluxo de valor no PDP; utilização da engenharia simultânea baseada em conjuntos; e gestão visual do andamento dos projetos. A abordagem de DEP utiliza princípios enxutos e facilitadores (ferramentas, técnicas e práticas) para reduzir o desperdício e melhorar continuamente o PDP. O DEP também visa melhorar a qualidade, reduzindo as possibilidades da ocorrência de problemas durante o processo. Vários facilitadores de DEP são propostos na literatura existente.

Tortorella et al. (2015) investigaram esses facilitadores de DEP para constatar quais deles impactam ou influenciam na mitigação dos problemas usuais no PDP das empresas, como

por exemplo: sobrecarga de trabalho; execução de tarefas desnecessárias; custos excessivos de projeto; conhecimento perdido; ambiguidade na responsabilidade por tarefas. Com base na compreensão de tais influências, foi possível identificar e selecionar um conjunto de facilitadores DEP que permitirão fazer a prevenção da ocorrência desses problemas de desenvolvimento de produtos. Os resultados obtidos pela sua pesquisa sugerem que a melhoria contínua é o mais importante deles no PDP enxuto quando se objetiva reduzir os problemas associados com DEP, sendo também evidenciados: foco no conhecimento; engenharia simultânea; e o envolvimento do fornecedor no início do projeto.

Pardal, Perondi e Valeri (2011) sintetizaram o desenvolvimento enxuto de produtos em sete elementos fundamentais: fluxo contínuo puxado com padronização, sincronia e nivelamento e um forte uso do conceito de engenharia simultânea baseada em conjuntos; integrador ou engenheiro-chefe; integração forte com os fornecedores; competência técnica superior; comunicação simples e visual; busca pela excelência; cultura orientada para a melhoria contínua. Estes elementos representam uma síntese dos pensamentos enxutos apresentados na literatura objetivando o atendimento aos *stakeholders* (partes interessadas), com produtos industrializados rapidamente a partir de uma geração de conhecimento que é a base do sistema enxuto de desenvolvimento do produto trazida pela engenharia simultânea baseada em conjuntos.

A importância do mapeamento do fluxo de valor entre as ferramentas da manufatura enxuta é enfatizada por Vieira e Forcellini (2007), apontando o grande potencial existente na geração de resultados positivos com a eliminação de desperdícios se aplicado ao desenvolvimento do produto, ainda que careça de uma melhor execução por conta de problemas no seu entendimento.

Tyagi et al. (2015) afirmam que o método de mapeamento do fluxo de valor é utilizado para atingir metas enxutas como a melhoria da qualidade, diminuição do desperdício e redução no tempo do desenvolvimento de produtos.

Ainda enfatizando em benefícios adicionais, Omar (2011) ressalta que a melhor utilização do espaço da produção oferece: a minimização de tempo de produção, custo de produção; manuseio de material em termos de tempo, custo e tipo de equipamento; investimento em equipamento; utilização de espaço disponível de maneira mais efetiva e; manter a flexibilidade na disposição e operação. Ele também enfatiza que as estratégias de leiaute são classificadas em quatro tipos, de acordo com a natureza da produção e variação de volume e do produto: estratégia de leiaute com posição fixa, para variedade e volume baixos e com poucas máquinas; estratégia de leiaute orientada pelo processo para baixo volume e variedade alta de

produtos; estratégia de leiaute orientada pelo produto para alto volume e baixa variedade de produtos; estratégia de leiaute em células para volumes médios e para variedade de produtos média e baixa. A estratégia de leiaute baseada no produto é a que mais se adéqua à indústria automotiva, pois a variação é limitada a alguns modelos de veículos e a programação da produção dominante define a quantidade de cada variação. Portanto, a definição do produto, o volume, a variabilidade tem uma influência determinante na escolha da estratégia de leiaute e do processo da produção. Adicionalmente, Mital et al. (2014) apontam para a importância de que os componentes sejam projetados de tal forma que montem corretamente, respeitando o processo de confecção do componente, sua forma, dimensões, tolerâncias e acabamento superficial, levando a uma redução substancial no tempo de montagem e no custo.

Marcon, Lima e Frank (2016) também focam nos benefícios, considerando o uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC), trazidos para as empresas que as utilizam no processo de desenvolvimento, como: facilitar a colaboração; compartilhar informações; criar conhecimento; e redução de custos. Eles constroem um modelo com iterações e hipóteses contendo quatro práticas enxutas para desenvolver seu trabalho de avaliação de desempenho do desenvolvimento de produtos, onde constatam que suas aplicações associadas às tecnologias da informação e comunicação impactam positivamente nos indicadores de desempenho das empresas. São elas: engenharia simultânea; padronização; projeto para a manufatura; e leiaute da fábrica focada em família de produtos. A TIC impacta negativamente apenas no desempenho da empresa para projeto para manufatura quando o investimento é elevado nesta relação.

Marion et al. (2016) concluem em seu estudo que a adoção de ferramentas de tecnologia da informação e comunicação colaborativas, como nuvem de compartilhamento de arquivos e enciclopédia online (*Wiki*), no desenvolvimento de produtos, trazem resultados e construção de processos mais efetivos para a empresa.

Conforme Rozenfeld et al. (2006), a decisão sobre quais melhores práticas devem ser implantadas no PDP cabe à empresa, pois ela que avaliará o quanto a prática é necessária para compor o conjunto que melhor atende à sua demanda e implantá-las gradualmente para mudar a sua maturidade no desenvolvimento de produtos.

Por outro lado, Choothian, Doolen e Eseonu (2014) concluíram que quanto mais práticas enxutas forem aplicadas na implantação enxuta do PDP da empresa, tanto mais serão as melhorias percebidas, porém, constataram que, com o tempo, se novas práticas não forem utilizadas, se novos treinamentos não forem feitos e se não houver uma implantação em novas áreas, o resultado será o inverso e o desempenho dos processos cai.

2.7 SÍNTESE DAS PRÁTICAS DO PDP ENXUTO

Observa-se então que, para aumentar a competitividade da empresa frente aos concorrentes, as práticas aplicadas devem se encaixar como um sistema de engrenagens e devem ser implantadas de forma combinada para serem eficazes. Além disso, as empresas devem decidir quais delas devem ser aplicadas em seu processo de desenvolvimento de produtos, porém sabe-se que quanto mais práticas forem aplicadas, melhor será para a empresa. Desta forma, as práticas foram selecionadas por apresentarem um alinhamento com os princípios enxutos e pelos benefícios que trazem ao PDP.

Considerando-se isso, o Quadro 8 mostra uma síntese sobre as vinte e três práticas enxutas utilizadas no processo de desenvolvimento do produto encontradas na revisão da literatura deste trabalho, com os seus respectivos autores, que as consideram essenciais em suas abordagens de desenvolvimento do produto e que trazem vantagens competitivas a uma empresa sobre os concorrentes. Essas práticas enxutas serão investigadas na empresa deste estudo de caso e servirão de apoio para a elaboração de um questionário que será utilizado como roteiro na aplicação de entrevistas com gestores participantes do PDP. Para isso, foi utilizado como base o quadro apresentado por Hoppmann et al. (2011) que consideraram vários trabalhos da literatura e concluíram que onze práticas são importantes para trazer sucesso às empresas: indicar gerente forte de projeto; utilização do especialista; nivelamento da carga de trabalho; planejamento e controle baseado em responsabilidade; transferência de conhecimento entre projetos; engenharia simultânea; integração do fornecedor; gerenciamento da variedade de produtos; prototipagem rápida, simulação e teste; padronização do processo; engenharia baseada em conjuntos. A esse quadro foram acrescentadas as considerações dos trabalhos de Sobek, Ward e Liker (1999); Stanke (2001); Kim (2002); Haque e James Moore (2004); Womack e Jones (2004); Mascitelli (2004); Reinertsen (2009); Omar (2011); Pardal, Perondi, Valeri (2011); Khan (2012), Dal Forno (2012), Kahn et al. (2013); Mital et al. (2014), Pinheiro e Toledo (2014), Cooper (2014), Tortorella et al. (2015), Marion et al. (2016) e Marcon, Lima e Frank (2016). Algumas dessas práticas coincidem com as já mencionadas, constantes do Quadro 8 e outras adicionais como: identificar e eliminar desperdícios no PDP, mapeamento do fluxo de valor e melhoria contínua, utilizar ferramentas de redução de custos, envolver o cliente desde o início do projeto, estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe, projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura), leiaute de fábrica focado no produto, ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TIC),

gestão visual, envolver a alta administração, gestão do portfólio de projetos, portais de estágios adaptáveis e flexíveis, mais ágeis e acelerados.

Com as práticas selecionadas e relacionadas com os seus respectivos autores, torna-se importante identificar o significado e o benefício que cada uma delas traz para o desenvolvimento de produtos. Portanto, sequenciando-as e identificando o significado e os benefícios, apontamos inicialmente para a geração de valor por meio da prática de eliminar desperdícios no PDP, trazendo a redução de custos desnecessários e, consequentemente, uma maior eficácia no atendimento aos prazos no PDP (MORGAN; LIKER, 2008; WARD, 2011). É necessário, porém, identificar os pontos onde eles ocorrem e, para isso, utiliza-se a prática de mapear o fluxo de valor do processo. Com a sua aplicação periódica a empresa implanta constantemente a melhoria contínua em seus processos, reduzindo o *leadtime* do PDP (TYAGI et al., 2015). O mapa do estado atual é desenvolvido a fim de se encontrar os desperdícios no processo e aplicar um plano de ação para eliminá-los, além de identificar o processo mais complexo e com o tempo mais longo. Ferramentas são utilizadas para chegar às causas dos problemas e do desperdício. A análise inicial é conduzida para identificar os principais pontos críticos e seleciona vários processos potenciais para melhoria. É feita uma análise para priorizar os processos de acordo com o tempo e custo total do componente resultante. Na etapa seguinte, o estado atual é mapeado com a perspectiva de chegar ao estado futuro. O objetivo é criar um plano de ação com aplicação de ferramentas auxiliares como o PDCA (planejar, fazer, controlar e agir) para alcançar o estado futuro e aplicar os benefícios eliminando os desperdícios, trazendo uma redução de custos e do *leadtime*.

Outro foco é atingir o máximo valor do produto com o menor custo possível de manufatura, e para isso podem ser utilizadas ferramentas que auxiliam nessa prática como o custo objetivo, QFD enxuto (método para captar a voz do cliente com o mínimo de tempo e esforços), análise de vários conceitos de projeto de produtos, mapeamento da linha de produtos, entre outras (MASCITELLI, 2004).

O envolvimento do cliente desde o início do projeto torna-se fundamental para que o produto seja desenvolvido com a sua orientação, de modo que ele receba o que deseja para seu consumo ou utilização com o menor custo de produção possível, reduzindo custos de retrabalhos ou adequações posteriores e o tempo de atendimento das suas necessidades (MASCITELLI, 2004; KAHN et al., 2013).

Quadro 8 - Práticas enxutas de PDP e autores

Item	Prática enxuta do PDP	Clark, Chew e Fujimoto (1987) *	Womack, Jones e Roos (1990) *	Karlsson e Åhlström (1996) *	Sobek, Ward e Liker (1999)	Stanke (2001)	Kim (2002)	Kennedy (2003) *	Haque e James-Moore (2004)	Womack e Jones (2004)	Mascitelli (2004)	Brown (2007) *	Morgan e Liker (2008) *	Schuh, Lenders e Hieber (2008) *	Reinertsen (2009)	Ward (2011) *	Omar (2011)	Pardal, Perondi, Valeri (2011)	Khan (2012)	Dal Forno (2012)	Kahn et al. (2013)	Mital et al. (2014)	Pinheiro e Toledo (2014)	Cooper (2014)	Tortorella et al. (2015)	Marion et al. (2016)	Marcon, Lima e Frank (2016)
1	Identificar e eliminar desperdícios								X	X	X				X	X											
2	Fazer e atualizar o mapeamento do fluxo de valor e melhoria continua									X		X						X	X	X			X		X		
3	Utilizar ferramentas de redução de custo										X																
4	Envolver o cliente desde o início do projeto										X									X	X						
5	Integrar o fornecedor no início do projeto *	X		X									X					X		X					X		
6	Indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe *	X	X	X				X					X	X		X		X	X	X			X				
7	Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe																			X							
8	Utilizar o especialista * (foco no conhecimento)							X		X			X			X		X	X				X		X		
9	Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade *							X				X	X	X		X											
10	Fazer a transferência de conhecimento entre projetos *											X		X						X			X				
11	Utilizar a engenharia simultânea * ou a integração de atividades funcionais	X	X	X			X		X			X	X							X					X		X
12	Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura)					X	X				X						X					X	X				X
13	Elaborar o leiaute de fábrica focado no produto																X					X					X
14	Aplicar a engenharia simultânea baseada em conjuntos *				X			X				X	X	X		X		X	X	X			X				
15	Utilizar ferramentas de TIC (Tecnologia da Informação e comunicação)																									X	X
16	Utilizar a gestão visual												X					X		X			X				
17	Envolver a alta administração																						X				
18	Padronizar os processos * e melhorá-los continuamente											X	X	X						X							X
19	Utilizar-se da prototipagem rápida, simulação e teste *											X		X						X							
20	Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos											X															
21	Aplicar o nivelamento da carga de trabalho *			X								X	X	X													
22	Fazer a gestão da variedade do produto * aplicando a modularidade e racionalização						X		X		X		X	X						X							
23	Utilizar os portais de estágios mais ágeis, adaptados e acelerados (Stage-Gates)																							X			

Fonte: Autor adaptado de Hoppmann et al., 2011, p. 7.

Da mesma forma o fornecedor deve ser integrado no início do projeto para obter dele as informações necessárias de exequibilidade das peças, ou conjuntos que farão parte do produto montado final, e a responsabilidade dele no atendimento dos requisitos de qualidade e prazo. Assim sendo, as empresas que seguem a abordagem enxuta costumam ter uma base menor de fornecedores, trabalhando com eles em tempo mais longo e em parceria. Obtém-se, desta forma, uma redução dos riscos no atendimento, redução do custo e do *leadtime* (MORGAN; LIKER, 2008).

Todos os processos e atividades precisam ser bem conduzidas, portanto é necessário indicar um gerente forte de projeto para que o time de projeto seja coordenado de forma eficiente, com o apoio e direcionamento corretos. Ele conduz o projeto do conceito ao mercado, também conhecido como engenheiro chefe, é aquele que tem um conhecimento profundo da especialidade, que pode tomar as decisões técnicas de modo correto, e é o responsável para entregar valor ao cliente. Portanto, a prática de indicá-lo no projeto leva a equipe para um nível de conhecimento e eficácia mais elevado (MORGAN; LIKER, 2008).

Na abordagem enxuta, ao utilizar-se de uma estrutura organizacional adequada ou uma estrutura forte de equipe, o projeto tem a possibilidade de ser desenvolvido com uma qualidade técnica e com nível mais elevado. Karlsson e Åhlström (1996) afirmam que para um desenvolvimento enxuto espera-se a utilização da estrutura forte de equipe e, Dal Forno (2012) sugere que a melhor estrutura depende do tipo de projeto. No caso dos radicais e inovadores, a estrutura matricial forte é a indicada e, no caso de incrementais, a estrutura mais indicada é a departamental ou funcional. Crawford e Benedetto (2011) apontam que, na opção de matricial balanceada, as visões funcional e de projeto são críticas, de forma que nem as atividades funcionais e nem o novo produto devem ser os prioritários.

A utilização do especialista tem o foco no conhecimento, ou seja, é necessário um conhecimento técnico elevado para poder superar os desafios e os problemas que o projeto provoca. Os engenheiros normalmente ocupam funções específicas em divisões funcionais. Elas servem como uma formação contínua, reunindo conhecimento e melhores práticas (WARD, 2011). A participação de especialistas em times multifuncionais, liderados por um gerente forte de projetos tem um efeito positivo na produtividade do desenvolvimento e na qualidade dos produtos novos, além de reduzir o tempo de introdução de novos produtos no mercado, oferecendo rapidez no atendimento aos clientes (ROZENFELD et al., 2006)

Na abordagem de planejamento baseada em responsabilidade, o líder do projeto define apenas os principais marcos para o projeto e comunica as datas-alvo correspondentes aos engenheiros. Com base nas metas, os engenheiros são envolvidos no planejamento e detalham

seus fluxos de trabalho específicos, estimam sua duração e relatam ao líder do projeto se o cronograma proposto é viável ou não. Por meio de vários ciclos iterativos, o líder do projeto e os engenheiros negociam os prazos para atividades críticas para garantir que as metas sejam realistas mas, ao mesmo tempo, desafiadoras o suficiente para permitir um prazo de entrega curto do projeto geral. O planejamento baseado em responsabilidade contribui para um maior envolvimento e motivação dos engenheiros, planejamentos mais robustos, respostas mais precisas em problemas inesperados, e uma melhoria contínua de processos (WARD, 2011).

Além disso, o conhecimento que foi gerado nos projetos antigos não pode ser perdido na implantação de novos produtos, portanto a prática de se documentar as melhores soluções utilizadas nos projetos é um fator importante para evitar a regeneração constante de conhecimento perdido, sendo uma das práticas mais importantes para atingir ganhos de custo, tempo de lançamento no mercado e qualidade próprios ao estado enxuto (MORGAN; LIKER, 2008).

A engenharia simultânea é uma abordagem sistemática de integração do projeto do produto com seus processos relacionados, não só de funções de engenharia, mas de todos os processos envolvidos na cadeia de valor e é muito importante para evitar iterações e retrabalhos do projeto em pontos mais avançados, quando as decisões de restrições na manufatura já foram tomadas, trazendo ganhos de tempo, qualidade e custos (KARLSSON; ÅHLSTRÖM, 1996; HAQUE; JAMES-MOORE, 2004). Ela é constatada quando equipes multifuncionais configuradas por subsistemas dos veículos atuam paralelamente desde o início de um projeto de desenvolvimento de produtos, se reúnem em salas especiais para resolverem os principais desafios iniciais - quando ainda há flexibilidade de mudanças - e alcançam as características de desempenho fornecidas pelo engenheiro chefe. As informações mais recentes e importantes do projeto são colocadas de forma fácil de visualização, aumentando a integração e a colaboração das áreas funcionais (MORGAN; LIKER, 2008).

Executar o projeto de acordo com as premissas de manufatura e montagem conduz a uma redução de custos e aumento na qualidade do produto, pois projeta-se produtos fáceis de fabricar e montar, otimizando-se os processos, minimizando a quantidade de componentes, dispositivos, aumentando a confiabilidade e satisfação do cliente final e trazendo com isso ganhos de qualidade, tempo de lançamento no mercado e custos no PDP (SCHILLING; HILL, 1998; ANDERSON, 2014).

Se o leiaute da fábrica for elaborado com foco no produto, teremos os benefícios adicionais que a melhor utilização do espaço da produção oferece: minimizar o tempo de produção; minimizar o custo da produção; minimizar o manuseio de material em termos de

tempo, custo e tipo de equipamento; minimizar o investimento em equipamento; utilização de espaço disponível de maneira mais efetiva; manter a flexibilidade na disposição e operação (OMAR, 2011).

A prática da engenharia simultânea baseada em conjuntos explora múltiplas alternativas nas fases iniciais do projeto, posterga ao máximo o congelamento, não só do conceito, mas também da solução do problema e elimina alternativas com avaliação ruim. Conforme avança-se no detalhamento da solução, a probabilidade de se ter uma solução de melhor qualidade aumenta, assim como a possibilidade de se conseguir atender os requisitos do projeto previamente definidos (SOBEK; WARD; LIKER, 1999). Com o desenvolvimento e avaliação de múltiplas alternativas em paralelo, há uma redução no custo unitário por intermédio da redução do retrabalho, melhoras na comunicação no PDP e foco no cliente (KHAN et al., 2011).

A utilização das tecnologias de informação e comunicação tem um potencial de redução de custos e criação de conhecimento no PDP da empresa, se associadas com determinadas práticas como o leiaute da fábrica focado no produto e a engenharia simultânea (MARCON; LIMA; FRANK, 2016). O uso de ferramentas de TI tem transformado a maneira como as pessoas se comunicam e colaboram no PDP, portanto acelera a comunicação e a informação (MARION et al., 2016).

A prática da gestão visual é uma prática simples, apresenta resultados importantes para o projeto como a transparência no seu andamento, na condução das metas e na resolução dos problemas, pois todos podem acompanhar a sua evolução, traz também uma economia de tempo evitando envios de informações redundantes ou erros na transmissão das informações por mais de uma fonte o que resulta em um produto de melhor qualidade, mostra inclusive as inúmeras situações em que as melhorias podem ser aplicadas no PDP e as tarefas individuais dos participantes do time (FOUQUET, 2017).

Uma melhor prática dentro da cultura da empresa é o fato da alta gerência da empresa estar envolvida com os projetos, trazendo transparência nas prioridades, além de apoiar a melhoria do processo de desenvolvimento do produto, melhorando também o seu fluxo, trazendo os recursos necessários para que as atividades sejam bem realizadas (BARCZAK; KAHN, 2012) e, também, disciplina no processo (PINHEIRO; TOLEDO, 2014) e uma visão ampla da organização (MORGAN; LIKER, 2008).

A prática de padronizar os processos, tarefas comuns, sequências e sua duração, além de reduzir a variabilidade ruim, aumenta a eficiência e minimiza erros, captura e gerencia o conhecimento, e serve como base para a melhoria contínua (MORGAN; LIKER, 2008).

A prática de se utilizar da prototipagem rápida, simulação e teste traz uma maior rapidez na resolução de problemas e, consequentemente, reduz o tempo de lançamento de produtos no mercado, além de melhorar a qualidade do produto (BROWN, 2007), fornecendo resultados mais rápidos às ideias de projeto, contribuindo para um sistema de desenvolvimento de elevado nível de desempenho (MORGAN; LIKER, 2008).

A gestão do portfólio é uma das funções da gestão sênior mais importantes da empresa pois objetiva a maximização de valor do portfólio, dando o maior retorno do investimento em pesquisa e desenvolvimento, faz um balanceamento do portfólio adequado a uma estratégia de investimento, no portfólio, alinhada com a estratégia geral da empresa e faz a alocação e realocação de recursos de acordo com a prioridade (COOPER; EDGETT, 2008; BLICHFELDT; ESKEROD, 2008).

A prática de nivelar e suavizar a capacidade de trabalho dentro dos processos de desenvolvimento de produtos, além de diminuírem os conflitos e o tempo de espera entre os projetos, reduzem os problemas de qualidade do produto, tornando o processo mais enxuto, consequentemente, agregando valor para o cliente e para a empresa (SCHUH; LENDERS; HIEBER, 2008).

O uso de *commodities* (mercadorias de baixo valor agregado), o reuso de componentes entre os diferentes produtos de uma empresa e nos novos produtos e famílias de produtos industrializados, o uso de componentes modulares e a definição de plataformas de produtos permitem uma diversificação e combinação de módulos de forma a acrescentar valor para o cliente, e oferecendo um potencial enorme de redução de custo. Portanto a gestão dessa prática é fundamental para a empresa atingir níveis de economia elevados na implantação de novos produtos (MORGAN; LIKER, 2008). Os projetos modulares, que maximizam o reuso de componentes padronizados e facilitam o desenho de partes específicas do produto, permitem a execução paralela de tarefas de projeto, diminuem problemas de manutenção, reduzem a complexidade e promovem o aprendizado e a melhoria contínua (HAQUE; JAMES-MOORE, 2004).

Ao integrar elementos-chave de um sistema adaptável e flexível, ágil e acelerado ao processo de portais de estágios, a empresa terá um diferencial com um tempo reduzido de implantação de produtos novos no mercado (COOPER, 2014).

O Quadro 9 mostra resumidamente os benefícios de cada prática identificadas na literatura e apontados por autores, acrescentando-se uma descrição sobre o significado de cada uma delas.

Quadro 9 - Práticas enxutas e seus benefícios

Item	Práticas do PDP enxuto	Descrição	Benefícios	Autores
1	Identificar e eliminar desperdícios no PDP	Enxergar desperdícios no PDP para decidir sobre as mudanças necessárias a serem aplicadas e continuar melhorando.	Cumprimento de prazos e redução nos custos do projeto	Morgan e Liker (2008); Ward (2011)
2	Fazer e atualizar o mapeamento do fluxo de valor e melhoria contínua	Ferramenta utilizada rotineiramente para mapear o processo e identificar os pontos onde ocorrem os desperdícios. Identifica-se o caminho mais longo e mais demorado. A utilização periódica dela traz a melhoria contínua aos processos	Diminuir o tempo de aplicação de novos produtos no mercado e reduzir custos	Tyagi (2015)
3	Utilizar ferramentas de redução de custo	Atingir o máximo valor do produto com o menor custo possível de manufatura sem perder a qualidade exigida utilizando ferramentas enxutas de projeto	Redução de custos do produto e da sua manufatura	Mascitelli (2004)
4	Envolver o cliente desde o início do projeto	Ouvir e interpretar as verdadeiras necessidades do cliente e oferecer uma solução de produto projetada para atender plenamente a essas necessidades da maneira mais econômica possível.	Redução de custo e tempo de disponibilização no mercado	Mascitelli (2004); Kahn et al. (2013)
5	Integrar o fornecedor no início do projeto	Envolver os fornecedores desde o início do projeto, numa base reduzida e manter relação de parceria a longo prazo	Redução de riscos, do custo e tempo de disponibilização para o mercado	Morgan e Liker (2008)
6	Indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe	Conduz o projeto do conceito ao mercado, faz integração das áreas, tem conhecimento profundo das especialidades e toma decisões técnicas e é responsável para entregar valor ao cliente	Redução do custo, tempo de disponibilização para o mercado e melhoria da qualidade	Morgan e Liker (2008)
7	Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe	O tipo de projeto sugere a estrutura organizacional mais adequada. Para projetos inovadores e radicais a estrutura é a matricial forte, já para projetos incrementais a estrutura é a departamental.	Redução do tempo de disponibilização para o mercado	Karlsson e Åhlström (1996); Dal Forno (2012); Crawford e Benedetto (2011)
8	Utilizar o especialista (foco no conhecimento)	Com foco no conhecimento técnico o especialista supera os desafios e problemas de projeto	Efeito positivo na produtividade, qualidade dos produtos e redução do tempo de disponibilização para o mercado	Ward (2011); Rozenfeld et al., 2006
9	Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade	São definidos os principais marcos para o projeto e as datas alvo e os engenheiros e técnicos detalham seus fluxos de trabalho específico.	Atendimento do tempo de disponibilização para o mercado	Ward (2011)
10	Fazer a transferência de conhecimento entre projetos (Lições aprendidas)	Aprender e melhorar continuamente e com a transferência constante deste aprendizado para utilização em projetos seguintes	Redução do custo, tempo de disponibilização para o mercado e melhoria da qualidade	Morgan e Liker (2008)
11	Utilizar a engenharia simultânea ou a integração de atividades funcionais	Atuação paralela de equipes multifuncionais para resolverem os desafios do projeto em toda acadeia de valor	Reduzir o tempo de aplicação de novos produtos no mercado, melhorar a qualidade e reduzir o custo dos produtos	Karlsson e Åhlström (1996); Haque e James-Moore (2004); Morgan e Liker (2008)
12	Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura)	Produtos são projetados levando-se em conta as necessidades da produção	Reduz custos de investimento, diminui o leadtime e melhora a qualidade com a redução de erros	Schilling e Hill (1998); Anderson (2014)
13	Executar o leiaute de fábrica focado no produto	Leiaute da produção focado no produto, facilitando acessos e a melhor utilização do espaço.	Minimiza o tempo e o custo de produção	Omar (2011)
14	Aplicar a engenharia simultânea baseada em conjuntos	Explora múltiplas alternativas nas fases iniciais do projeto, eliminando as ruins e traz no final uma de melhor solução	Traz solução de melhor qualidade, menor custo, menos retrabalhos e	Sobek, Ward e Liker (1999); Khan et al. (2011)
15	Utilizar ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Uso de ferramentas da comunicação e informação como nuvem de dados, enciclopédia virtual, redes sociais	Relação positiva com o desempenho do projeto, diminuindo custos, melhorando a qualidade e facilitando o tempo de implantação dos projetos	Marcon, Lima e Frank (2016); Marion et al. (2016)
16	Utilizar a gestão visual	Gestão visual auxilia no controle dos prazos, indicadores	Economia no tempo do projeto, produto de melhor qualidade, oportunidade de correção de erros, prevenindo atrasos e diminuir os custos.	Fouquet (2017)
17	Envolver a alta administração	O envolvimento da alta administração é importante para direcionar os projetos, tomar decisões em pontos críticos de falta de recursos, trazer transparência nas prioridades.	Pode trazer melhoria na qualidade, diminuição do leadtime e minimizar custos	Barczak e Kahn (2012); Pinheiro e Toledo (2014); Morgan e Liker (2008)
18	Padronizar os processos e melhorá-los continuamente	Padronizar tarefas comuns, sequências e sua duração e melhorá-las sempre.	Reduz a variabilidade ruim, aumenta a eficiência na condução de vários projetos simultaneamente e minimiza erros, captura e gerencia o conhecimento e serve como base para a melhoria contínua	Morgan e Liker (2008)
19	Utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos	São utilizados métodos e tecnologias que apoiam a construção de protótipos rapidamente, simulações e testes em estágios iniciais do desenvolvimento	Reduz o leadtime, efeito positivo na qualidade e desempenho, e no aprendizado organizacional, diminui o custo reduzindo as iterações	Brown (2007; Morgan e Liker (2008)
20	Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos	Faz um balanceamento do portfólio adequado uma estratégia de investimento no portfólio alinhada com a estratégia geral da empresa e faz a alocação e realocação de recursos de acordo com a prioridade	Cria um maior valor para a corporação dos projetos em andamento dando um maior retorno do investimento, aumentando a produtividade. Melhora o leadtime dos projetos com o balanço dos recursos usados.	Cooper e Edgett (2008); Blichfeldt e Eskerod (2008)
21	Aplicar o nivelamento da carga de trabalho	Para obter uma carga de trabalho nivelada e gerar um fluxo suave de projetos de desenvolvimento de produtos, geralmente é recomendado escalonar os projetos e iniciá-los em intervalos constantes	Aumento da qualidade nas atividades, diminuição do *leadtime,* diminuição dos custos de desenvolvimento de produtos.	Schuh, Lenders e Hieber (2008)
22	Fazer a gestão da variedade do produto aplicando a modularidade e racionalização	Gestão do reuso de componentes entre os diferentes produtos de uma empresa e nos novos produtos e famílias de produtos industrializados permitem uma diversificação e combinação de módulos de forma a acrescentar valor para o cliente	Cria um maior valor para a corporação dos projetos em andamento dando um maior retorno do investimento, aumentando a produtividade. Melhora o leadtime dos projetos com o balanço dos recursos usados.	Morgan e Liker (2008); Haque e James-Moore (2004)
23	Utilizar os portais de estágios mais ágeis, adaptados e acelerados (*Stage-Gates*)	Sistema de portais de estágios adaptável e flexível, mais ágil e acelerado	Redução do tempo de disponibilização do produto no mercado.	Cooper (2014)

Fonte: Autor.

Desta forma, cada uma dessas práticas apontadas por esse trabalho impacta no desempenho do PDP criando valor para o cliente e para a empresa.

Cedergren, Wall e Norström (2010) argumentam que o desempenho é amplamente percebido pelos gerentes em termos de tempo, custo e qualidade das atividades nas fases posteriores do processo de desenvolvimento.

Chase (2001) afirma que, para se criar valor no PDP, cada atividade pode contribuir para sua melhoria. Ele considera que o PDP entrega valor para o cliente, usuário final e organização, produz valor no PDP por meio das pessoas com suas atividades; tem atributos de valor como qualidade, tempo, custo e risco que podem ser medidos usando métricas quantitativas ou qualitativas. A definição, a criação e a entrega de valor são analisadas considerando o PDP como um canal que conecta os participantes do processo de desenvolvimento de produtos com outras partes interessadas do sistema, ou seja, como o canal que conecta quem desenvolve e os destinatários de valor.

Assim, foram apresentadas as abordagens de vários autores com as respectivas práticas enxutas, com as vantagens que elas proporcionam em termos de desempenho no PDP e que, quando aplicadas conjuntamente, podem colocar a empresa em um patamar mais elevado sobre a concorrência.

3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento da pesquisa o capítulo foi dividido em duas partes, a saber: descrição do PDP da empresa estudada e os procedimentos metodológicos adotados.

3.1 PDP DA EMPRESA ESTUDADA

Essa seção está dividida em duas partes. Na primeira, é oferecida uma descrição geral da empresa, onde são apontadas suas características gerais e sua importância na participação no mercado brasileiro; na segunda, é dado um panorama geral do processo de desenvolvimento de produtos contendo a gestão dos portais da qualidade (*quality gates),* as fases do PDP, uma visão geral da montagem do produto completo durante as fases do PDP, processo auxiliar de verificação da documentação e de montabilidade, mais a participação da qualidade no processo.

3.1.1 Características gerais da empresa

A empresa automotiva está atuando no Brasil há mais de 60 anos. É responsável por uma participação de aproximadamente 31% do mercado total de caminhões e ônibus licenciados no Brasil até o mês de agosto de 2018 (Anexo A). Foi responsável pela introdução de diversas inovações em veículos comerciais. A unidade brasileira é, hoje, centro mundial de competência para desenvolvimento e produção de veículos comerciais. Atua no desenvolvimento de projetos contando com uma área de desenvolvimento que desenvolve soluções para projetos futuros e melhorias para produtos de série, levando sempre em consideração as condições de utilização dos veículos nas regiões brasileiras, ou nos países que recebem os produtos. Garante a qualidade de seus veículos e agrega valor aos seus produtos constantemente como eletrônica, novos combustíveis, novas tecnologias ecológicas, técnicas de reciclagem e pesquisa de novos materiais, especialmente os renováveis. Além de uma equipe de profissionais especializados, formada por engenheiros técnicos, físicos e pessoal de apoio, conta com uma infraestrutura completa de testes. Promove o intercâmbio com outras unidades do grupo, também promove troca de informações e experiências com outros parceiros, como, por exemplo, fornecedores, clientes e institutos de pesquisas. Antes de chegar ao mercado e atender as diversas demandas, os veículos passam por testes de funcionalidade, resistência e

durabilidade. Isso inclui diversos ensaios em laboratórios e testes de campo com veículos lastreados.

A empresa tem uma manufatura onde aplica os conceitos enxutos, localizada na mesma planta que a equipe de projetos. Possui cadeias de suprimentos globais, aproveitando o custo de mão de obra e materiais mais baratos. Possui vários produtos diferentes nos vários segmentos do mercado. O trabalho de projeto na empresa é predominantemente baseado em computador, porém existe uma equipe de modeladores que dão apoio. Utiliza uma variedade de softwares CAD (*Computer Aided Design*) e Microsoft Office em sua maior parte. O uso de CAM (*Computer Aided Manufacturing*), CAE (*Computer Aided Engineering*) e outros *softwares* de modelagem e simulação foram testemunhados na empresa. A manufatura aditiva também é utilizada para avaliações de montagens e auxílio na elaboração do conceito.

No caso do Brasil, as atividades de desenvolvimento de produto estão, com algumas exceções, concentradas em melhorias ou modificações dos produtos existentes na matriz. Os novos produtos são concebidos e projetados nos países desenvolvidos onde se localizam seus centros de desenvolvimento. A tecnologia é transferida para ganhar mercado e adaptações são feitas para atender normas e legislações locais. Assim, para produtos destes segmentos, as atividades de desenvolvimento de produto no Brasil ficam restritas ao desenvolvimento de fornecedores e atendimento dos processos de produção locais.

Na próxima etapa, o modelo de desenvolvimento do produto da empresa automotiva é apresentado para que se possa fazer uma melhor análise e investigar as suas práticas, princípios e ferramentas de PDP.

3.1.2 Visão geral do modelo de desenvolvimento de produtos da empresa

A documentação disponibilizada na intranet da empresa evidencia a utilização de métodos de gestão enxuta de projetos integrados com processos de criação e preparação de produtos.

Essa integração orientada de processos com a gestão de projetos responde questões do quê e quando precisa ser feito. Utiliza processos alinhados com os portais da qualidade (*Quality Gates*) que auxiliam na avaliação da maturidade de um projeto com base nas fases do processo de desenvolvimento do produto. A Figura 8 é adaptada do PDP geral da empresa, servindo como referência para a unidade brasileira.

Para apoio à gestão de projetos a empresa utiliza nove princípios enxutos, métodos, padrões, modelos e diretrizes de relatórios e melhores práticas. Estas práticas foram verificadas nas entrevistas com gestores e participantes dos times de projeto.

O PDP é composto por dez fases não sequenciais, ocorrendo paralelamente, e é apoiado por treze portais de qualidade (*Quality Gates*) com critérios bem definidos de passa/não passa. Ele é iniciado numa fase bem precoce, e com muita transparência, por meio de decisões estratégicas. Existe um plano de orçamentos global que é incluído no plano de objetivos financeiros. A direção estratégica da empresa toma a decisão de iniciar o projeto e o seu planejamento.

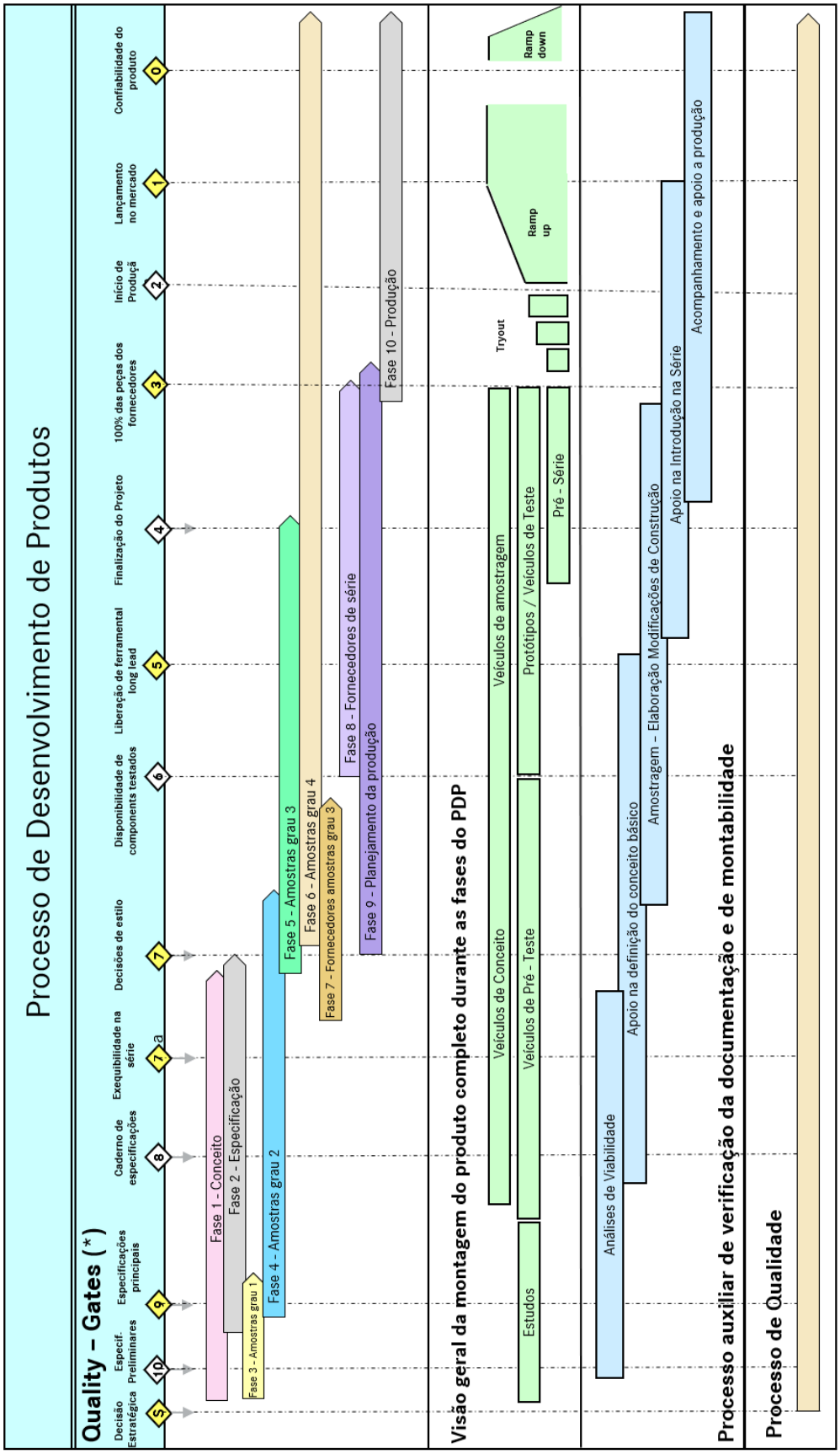
A primeira fase do processo de desenvolvimento do produto é a do conceito e é iniciada no portal S. Esta fase contém todas as medidas e atividades necessárias para o início bem-sucedido do desenvolvimento do processo e decisões conceituais. Os requisitos do cliente e do mercado são transformados em metas do projeto e pacotes de trabalho. Nesta fase é definido o escopo do projeto e as direções de trabalho. Ao mesmo tempo, são compiladas e pré-selecionadas as ideias técnicas. Pouco antes do portal dez, é definida a estratégia do escopo de desenvolvimento. A estratégia de confeccionar ou comprar (*Make or Buy*) também é definida. O conceito é determinado pela área de Desenvolvimento do Produto.

A segunda fase é a da especificação. Inicia-se antes do portal nove e ocorre até o sétimo portal. Dentro desta fase todos os resultados da fase do conceito são documentados como requisito e especificações de implementação. Os contratos com fornecedores de desenvolvimento são assinados. Também é determinada a necessidade de testes e quantidade de protótipos, seguindo sempre o sistema de portais da qualidade. Com o caderno de conceito elaborado, inicia-se a fase de projeto.

A terceira fase corresponde às amostras de grau de maturidade 1. Esta fase garante a inovação de componentes e suporta o processo de seleção entre conceitos concorrentes dentro dos projetos do produto e sincronização com engenharia avançada. As amostras de grau de maturidade 1 têm a função limitada, porém, estão prontas para banco de teste. É definido o projeto conceitual dessas amostras e elas são testadas.

A quarta fase inicia-se pouco antes do portal 9 com as atividades de projeto dos componentes de grau de maturidade 2. Há uma liberação dos componentes críticos com grau de maturidade em desenvolvimento para a sua aquisição e montagem em veículos de teste e banco de provas. Os meios utilizados não são os definitivos. Esta fase garante a funcionalidade dos componentes e todo o produto. O teste é realizado no banco de teste ou dentro do produto completo.

Figura 8 - Visão geral do modelo de desenvolvimento de produtos da empresa



Fonte: Autor adaptado da empresa, 2018 (*).

A quinta fase é a dos componentes com grau de maturidade 3. Todas as atividades dentro desta fase estão focadas na avaliação da durabilidade e confiabilidade dos componentes integrados com todo o produto. As características do produto com amostras em grau de maturidade 3 cumprem em grande parte os requisitos para a produção em série. Os componentes são projetados e liberados entre o portal sete e seis. Todos os componentes são montados em protótipos completos neste estado de maturidade. Nesta fase, os protótipos são produzidos e uma fase auxiliar de viabilidade de montagem (montabilidade) é também iniciada para auxílio na conceituação detalhada do projeto. Os protótipos que foram produzidos entre o portal 6 e 4, são testados paralelamente ao desenvolvimento do projeto. A necessidade de alterações ocorre simultaneamente com o teste dos protótipos produzidos e com a obtenção de resultados de viabilidade de montagem (montabilidade), sempre focando a qualidade e a repetição na produção.

A sexta fase corresponde às amostras com grau de maturidade 4. Inicia-se pouco antes do portal seis e ocorre até o portal zero. Nesta sexta fase todas as atividades necessárias para alcançar a viabilidade em série dos componentes são descritas. O produto real foi certificado com todos os componentes e pode ser usado sem nenhuma restrição. Projeto e documentação são liberados sem restrições para a sua manufatura. A engenharia do produto finaliza o desenvolvimento dos componentes em grau de maturidade 4. São liberados os códigos e as variações do produto e as aprovações de conformidade são realizadas.

A sétima fase corresponde a fornecedores de série com o fornecimento de algumas peças selecionadas em grau de maturidade 3. Ela se inicia pouco antes do portal sete e ocorre até o portal seis. Esta fase está focada em componentes que devem estar disponíveis para testes de amostra com grau de maturidade 3 de fornecedores de série. Os componentes podem ser fabricados com ferramentas de protótipo, em casos especiais, eles também podem ser fabricados com ferramentas de série. Nesta fase ocorrem as liberações de documentação para o estado produtivo e o projeto é finalizado para confecção de ferramental em grau de maturidade 3. É feito o acompanhamento das atividades de ferramental das peças para grau de maturidade 3, tanto de fabricação própria, quanto de terceiros.

A oitava fase é a dos fornecedores de série. Inicia-se no portal seis e ocorre até o portal três. Esta fase inclui as atividades necessárias para alcançar o compromisso contratual para as peças de série e ferramentas de produção. São feitos os contratos de desenvolvimento para futuros fornecedores e os contratos das peças de série. Também é feito o acompanhamento e otimização dos ferramentais de série. Ao chegar no portal 3, todas as peças estão prontas para a série.

A nona fase é a do planejamento da produção e é iniciada no portal sete. Este módulo inclui as atividades necessárias para planejar, encomendar e garantir a disponibilidade de máquinas, equipamentos e ferramentas para produção. Ela se inicia no portal sete e corresponde às atividades de especificação de requisição para os equipamentos da manufatura. Posteriormente, acontecem as atividades de emissão das solicitações de cotação e colocação dos pedidos. Paralelamente ocorrem as atividades de avaliação das especificações finais de implementação para equipamentos de fabricação, o acompanhamento das atividades de fabricação dos equipamentos de manufatura e sua qualificação. As instalações, otimizações e a finalização e entrega dos equipamentos em perfeito funcionamento são feitas no final, até pouco após o portal três.

A décima fase é a do início de produção. Ela ocorre entre os portais 4 e zero. Nesta fase são incluídas as atividades necessárias para planejar o aumento da produção, a produção de teste (linha de montagem, qualidade, tempo de ciclo) e garantir um abastecimento adequado no mercado dentro da produção em série. Nesta fase é garantida a disponibilização das peças para os testes de produção em três fases. Posteriormente ocorre o aumento da produção e a série. No portal zero é feita a confiabilidade do produto.

Um processo auxiliar para a verificação da documentação e viabilidade de montagem inicia-se antes do portal dez com estudos de viabilidade para assegurar o desenvolvimento e o conceito de produção. Segue-se para a montagem de veículos para teste do conceito e asseguramento da montagem técnica com base em documentação. Em seguida, com estes veículos de conceito, são definidos os layouts de componentes e avaliações funcionais. Os veículos de pré-teste são os veículos que tem o foco no cliente, ou seja, são avaliados por eles. Os veículos de amostragem são utilizados para avaliações de montagem de execuções especiais conforme necessidade dos clientes. Os veículos protótipos ou de teste são utilizados para testes funcionais ou de durabilidade. Finalmente, têm-se os veículos de pré-série que são utilizados para avaliações de meios de produção, embalagens para armazenamento de peças, planos de produção, logística e exposições. Veículos produzidos são constantemente avaliados para asseguramento da montabilidade permanente, eliminando problemas e reclamações de clientes internos ou externos.

As informações sobre o processo auxiliar de verificação da documentação técnica e montabilidade foram obtidas por intermédio de entrevista com o gestor da área de fabricação de protótipos. Este processo ocorre durante a fase de desenvolvimento do produto e a industrialização e é composto de cinco fases: análises técnicas de viabilidade; apoio na definição do conceito básico; amostragem; apoio na introdução da série; acompanhamento e

apoio à produção. As análises técnicas de viabilidade são feitas no início do PDP e servem para se obter as primeiras impressões do futuro produto. O apoio na definição do conceito básico é feito com as primeiras especificações de concepção de desenvolvimento, onde se investiga a possível montagem ideal, e a sua sequência de montagem, tendo em conta as circunstâncias de produção da fábrica. Dos resultados obtidos são tomadas medidas necessárias para a continuação do desenvolvimento do produto dentro das condições de fabricação e, com isso, serão determinadas as variedades mais críticas de montagem, colocando-as na base de análise. A amostragem é feita para garantir o processo de produção e a viabilidade de montagem. É verificada a função de cada componente e a sua interação com o produto completo. A documentação do produto deve ser verificada utilizando-se para isso um suporte básico de verificação da montagem de amostras. Devem ser levadas em consideração as influências do material e de confecção de peças individuais, a situação das tolerâncias dos conjuntos montados e as restrições quanto aos processos de montagem do local e suas instalações, e dos meios produtivos para atingir as metas de qualidade de produção e de custo. A amostragem é feita com peças confeccionadas com ferramentais e meios definitivos de produção. O apoio na introdução da série é feito por meio da verificação da viabilidade da repetibilidade de montagem no processo produtivo, e inicia-se um processo de solução de problemas em caso de desvios de modo a garantir a produção ou padrões de qualidade. Durante a construção de veículos de pré-série, série piloto ou de *tryout*, é verificada a precisão da documentação do produto e testada a função de todos os processos sob condições de produção e, simultaneamente, garantida a formação dos trabalhadores da produção nas novas questões técnicas. O acompanhamento e apoio à produção é realizado por meio da análise sistemática da documentação técnica do produto, e suas possíveis variações nos pedidos de clientes, para detectar a necessidade de avaliação da viabilidade de sua montagem no processo produtivo. Detectar diferentes dependências técnicas de vários volumes funcionais para coordenar sua aplicação. Em caso de surgimento de problemas no processo produtivo, no fornecimento de peças ou problemas de qualidade, serão feitas análises e tomadas medidas corretivas. Participação em projetos de redução de custos.

O processo de desenvolvimento de produtos é apoiado pela metodologia dos portais da qualidade. O processo é acompanhado e revisado, na medida que o projeto e o desenvolvimento evoluem, por meio do cronograma de atividades do projeto. São definidas equipes internas multifuncionais, grupo de gerenciamento de projetos e os grupos de engenharia simultânea. Os diversos pontos do desenvolvimento (portais da qualidade) são planejados cronologicamente de acordo com suas atividades específicas.

A estrutura do sistema contém treze pontos de análise (portais da qualidade), que são realizados pela equipe de projeto, sendo que a passagem pelo portal cinco evidencia a viabilidade do projeto proposto pela equipe. Todos os requisitos devem ser cumpridos e apresentados, com o suporte ao gerente de projeto, para passagem dos estágios. Os portais devem ser criticamente analisados pela área da qualidade quanto ao atendimento dos requisitos e cumprimento adequado da metodologia. A ferramenta de tecnologia da informação (TI) é utilizada para o planejamento, controle e geração de relatórios dentro do sistema. A validação do produto é realizada por meio do sinal verde da área de desenvolvimento, baseado no acompanhamento de desempenho dos protótipos.

As informações recebidas sobre os critérios de "passa/ não passa" dos portais, são bem detalhadas, sendo que seus pontos de verificação podem ser visualizados na Figura 8.

Conforme informações recebidas da área de Qualidade para todos os projetos, projetos parciais, pacotes de trabalho e atividades, devem ser consideradas medidas preventivas para identificação e, com isto, prevenção antecipada de problemas.

O processo de qualidade acompanha todo o desenvolvimento e industrialização do produto.

No desenvolvimento de produtos isto significa que, por exemplo, devem ser executados, no âmbito do projeto de um produto, um planejamento da Gestão da Qualidade e uma análise de riscos para todas as peças novas. Do mesmo modo, peças absorvidas de outros produtos devem ser consideradas conforme a experiência.

Riscos potenciais devem ser identificados o mais antecipadamente possível. O planejamento da Gestão da Qualidade e as estimativas de riscos devem ser executadas como premissas para a apuração dos valores nominais de confiabilidade e, com isto, fica assegurado o alcance das metas das taxas de garantia e cortesia. As metas das taxas são componentes do cálculo de viabilidade econômica e influenciam assim, significativamente, a viabilidade econômica do projeto.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Resgata-se aqui a questão da pesquisa que é "em empresas com a manufatura enxuta consolidada há práticas de desenvolvimento de produtos aderentes ao PDP enxuto?", portanto com o objetivo de analisar se uma empresa madura na manufatura enxuta possui práticas de desenvolvimento de produtos aderentes ao PDP enxuto e, especificamente, identificar na

literatura as práticas do PDP enxuto, mapear as práticas de desenvolvimento de produto na empresa estudada e relacioná-las com as práticas do PDP enxuto, avaliar o nível de aderência das práticas de desenvolvimento de produto da empresa às práticas do PDP enxuto e analisar a relação entre as práticas do PDP enxuto utilizadas pela empresa com o seu desempenho.

Para responder à questão da pesquisa, chegar ao objetivo do trabalho e, especificamente, aos objetivos de conhecer mais no detalhe as práticas enxutas e mapear as práticas do PDP da empresa, foi escolhido como método a abordagem do estudo de caso único, cujo foco está em investigar com profundidade o PDP de uma empresa, aumentando o entendimento das práticas adotadas por ela, sendo que a geração de conclusões, apoiadas pelas evidências, é de suma importância para a realização das análises de sua aderência ao PDP enxuto e de desempenho posteriores.

As informações pesquisadas e captadas são de natureza qualitativa. Como instrumento de coleta de dados foram utilizados: um roteiro de entrevista semiestruturado, informações disponíveis no portal de conhecimento da empresa, documentos como protocolos de reuniões, apresentações sobre a evolução de montagem e testes de veículos protótipos, e observações diretas nas atividades conjuntas entre as áreas envolvidas no PDP.

Destaca-se aqui a importância e legitimidade da amostra para a realização das entrevistas, sendo convidados os gestores que conhecem em profundidade as atividades de suas áreas e sua relevância no PDP, além da estratégia da empresa, consumindo um total aproximado de onze horas e quarenta e cinco minutos, sendo que na média foi utilizada 1 hora e 4 minutos para cada uma delas.

O Quadro 10 mostra a área dos entrevistados e o tempo de cada entrevista, sendo escolhido um gestor por área, as quais foram indicadas e escolhidas por terem relação e participarem do PDP da empresa. Todas as entrevistas foram realizadas.

Desta forma, representando a voz do cliente, a área de marketing foi escolhida por direcionar o projeto para suas necessidades e prazos. A área de engenharia de produtos foi escolhida por representar o projeto do veículo completo e a engenharia de testes por realizar todos os testes necessários no produto. A área de fabricação de protótipos foi escolhida por confeccionar os protótipos necessários para teste, completando assim o ciclo fundamental de desenvolvimento de produtos que é projetar, construir e testar, além de fazer também a análise da documentação e montabilidade. A área de logística foi escolhida por ser responsável pelo fornecimento das amostras contidas no PDP da empresa, com seus diferentes níveis de maturidade. A área de custos desempenha a função de calcular o custo de orientação de itens para a negociação com fornecedores e fazer o acompanhamento dos contratos de ferramentais

necessários para esses itens novos. A engenharia de manufatura foi indicada por ser responsável pela infraestrutura, leiaute, descrição dos processos, definição de posicionamento de itens na linha de montagem e a sua sequência na produção. A área de produção é importante no processo por ser responsável pela montagem do veículo completo, obedecendo todas as normas, prescrições de qualidade e documentação técnica. A área de qualidade participa desde o início do projeto, direcionando e apontando, para os componentes e o produto montado, as possíveis falhas ou pontos de risco onde a qualidade poderá ser prejudicada. A área de compras faz todas as nomeações dos fornecedores. O gerenciamento do projeto é a área que integra todas essas áreas necessárias no PDP e conduz as atividades contidas no sistema de desenvolvimento de veículos comerciais da empresa.

Quadro 10 - Aplicação do questionário por área, nível hierárquico e tempo de entrevista

Área da empresa	**Gestores**	**Tempo de entrevista (h)**
Marketing	1	1,15
Engenharia do Produto	1	0,9
Engenharia de Testes	1	0,9
Fabricação de Protótipos	1	1,2
Logística	1	0,9
Custos	1	1,1
Engenharia de Manufatura	1	1,2
Produção	1	0,9
Qualidade	1	1,6
Gerenciamento do Projeto	1	0,9
Compras	1	1
Total	11	11,75

Fonte: Autor.

O roteiro de entrevista semiestruturado foi elaborado com quarenta e três perguntas qualitativas permitindo assim, de acordo com a necessidade, flexibilidade durante a entrevista de um gestor para outro para incluir questões auxiliares sobre a aplicação de práticas e princípios enxutos na empresa e, ao mesmo tempo, as questões foram organizadas e estruturadas suficientemente para estimular o entrevistado a fornecer respostas sob perspectivas diferentes com a aplicação de uma ou mais questões para a mesma prática. A aplicação do roteiro foi feita por meio de entrevistas pessoais com o propósito de se evitar problemas de:

comunicação como perguntas sem resposta devido às dificuldades de compreensão ou não entendimento da questão; de qualidade nas respostas de maneira a captar corretamente as informações e percepções.

O Quadro 11, que foi elaborado com base no Quadro 8, que foi construído a partir da revisão bibliográfica, indica as práticas do PDP enxuto e as perguntas correspondentes.

Quadro 11 - Práticas do PDP enxuto correspondente ao número da questão

Item	Práticas do PDP enxuto	Questões
1	Identificar e eliminar desperdícios no PDP	1, 2
2	Fazer e atualizar o mapeamento do fluxo de valor e melhoria contínua	3, 4
3	Utilizar ferramentas de redução de custo	5
4	Envolver o cliente desde o início do projeto	6, 7, 8, 9
5	Integrar o fornecedor no início do projeto	10
6	Indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe	11
7	Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe	12
8	Utilizar o especialista (foco no conhecimento)	13, 14
9	Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade	15
10	Fazer a transferência de conhecimento entre projetos (Lições aprendidas)	16, 17
11	Utilizar a engenharia simultânea ou a integração de atividades funcionais	18, 19
12	Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura)	20, 21, 22
13	Executar o leiaute de fábrica focado no produto	23
14	Aplicar a engenharia simultânea baseada em conjuntos	24
15	Utilizar ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	25, 26
16	Utilizar a gestão visual	27, 28
17	Envolver a alta administração	29
18	Padronizar os processos e melhorá-los continuamente	30, 31, 32
19	Utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos	33, 34, 35
20	Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos	36
21	Aplicar o nivelamento da carga de trabalho	37, 38
22	Fazer a gestão da variedade do produto aplicando a modularidade e racionalização	39
23	Utilizar os portais de estágios mais ágeis, adaptados e acelerados (Stage-Gates)	40, 41, 42, 43

Fonte: Autor.

Oito das onze entrevistas foram gravadas, e três não. Para as entrevistas não gravadas foram utilizadas cópias do roteiro onde foram feitas anotações das observações feitas pelos gestores. As informações captadas sobre as práticas foram analisadas e posteriormente transcritas para o contexto da pesquisa, caracterizando claramente como cada uma delas é utilizada pela empresa, sem tirar o sentido original fornecido pelos entrevistados.

Criou-se um protocolo de pesquisa para auxiliar na coleta de dados que contém uma folha de rosto, introdução, procedimentos, diretrizes, dados gerais da entrevista e do entrevistado e o roteiro de entrevista. O protocolo da pesquisa está disponível no Apêndice A.

As questões visam auxiliar na construção de um quadro de análise da aderência da prática aplicada no PDP da empresa com a prática enxuta apontada na literatura e em qual intensidade.

3.2.1 Teste do roteiro da pesquisa

Para verificar a consistência do modelo, os procedimentos da aplicação, a qualidade dos dados e fazer os ajustes necessários, foi feita uma aplicação teste com três pessoas, sendo dois gestores e um especialista, envolvidas com atividades de engenharia de produto, gerenciamento de projeto e fabricação de protótipos. Esta quantidade pode ser considerada representativa para o teste, pois os entrevistados atuam em áreas centrais do PDP.

Na aplicação do teste focou-se no entendimento pelos entrevistados das práticas e sua associação aos princípios enxutos. Observou-se também a melhor sequência na aplicação das questões alinhadas com as práticas. Notou-se um desbalanceamento na quantidade de questões aplicadas por prática, o que motivou a reanálise delas e da quantidade necessária para chegar-se à conclusão sobre a sua aderência no PDP da empresa. O questionário era composto de sessenta e duas questões, e passou a ter quarenta e três.

Percebeu-se a importância de se iniciar o questionário com foco nos desperdícios existentes no ambiente de desenvolvimento de produtos para, posteriormente, conduzir a entrevista para as práticas enxutas que deverão agregar valor para o cliente e para a empresa.

As questões foram agrupadas por prática enxuta e acrescentou-se um espaço entre esses agrupamentos para que se pudesse fazer o apontamento das observações e percepções sobre o desempenho da prática com a sua adoção. Notou-se também que certas práticas não são conhecidas na empresa como a engenharia simultânea baseada em conjuntos. Isso motivou a alteração na formulação da questão fornecendo uma explicação dentro do seu próprio enunciado. Algumas questões foram alteradas em seu conteúdo, outras foram melhoradas e

algumas foram substituídas ou até eliminadas, sendo que a sequência também foi alterada para obter uma maior naturalidade nas respostas.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo do trabalho está dividido em quatro seções. Na primeira seção são mostradas as observações encontradas no PDP da empresa estudada. A segunda seção mostra a análise da aderência dessas observações às práticas do PDP enxuto, seguida da terceira seção apresenta a avaliação realizada sobre o nível dessa aderência. Por fim, na quarta seção, com base na percepção dos gestores, foi feita uma análise sobre o impacto no desempenho do processo de desenvolvimento de produto das práticas utilizadas na empresa e que foram identificadas como aderentes ao PDP enxuto.

4.1 PRÁTICAS EXISTENTES RELACIONADAS COM O PDP ENXUTO

Por meio da utilização dos instrumentos de coleta de dados as informações relevantes sobre cada uma das vinte e três práticas, que foram selecionadas da literatura para servirem de base neste trabalho, foram transcritas e adaptadas para o contexto da pesquisa, caracterizando claramente como cada uma delas é utilizada pela empresa, sem tirar o sentido original fornecido pelo entrevistado. Com essas informações, o Quadro 15, contido no Apêndice B, pôde ser construído, possibilitando o entendimento e visualização das principais características das práticas aplicadas na empresa, de forma a facilitar a posterior análise da sua aderência com cada uma das vinte e três práticas do PDP enxuto identificadas na revisão bibliográfica.

Basicamente, as informações captadas indicam que: a empresa dá importância ao cálculo de custos do produto e a sua viabilidade econômica; existe um trabalho muito forte com os clientes para que se possa aplicar seus desejos ao produto final; a empresa constrói e testa protótipos à exaustão, de modo que se mitigue riscos de presença de falha no cliente; dá-se muita importância à gestão dos projetos, onde a figura do gerente de projetos se destaca juntamente com sua equipe funcional, sendo que os projetos são planejados e conduzidos de forma responsável por eles e pela equipe multifuncional que participa do desenvolvimento de produtos; o portfólio de projetos é avaliado e otimizado constantemente em reuniões com a presença de todos os envolvidos no desenvolvimento de produtos; a empresa focou em uma fábrica construída de acordo com o produto envolvendo o desenvolvimento e a manufatura; o seu leiaute segue padrões logísticos focados no produto com envolvimento do desenvolvimento, engenharia de manufatura e a logística; seus processos são padronizados e melhorados constantemente; há um envolvimento intenso da alta administração participando

nas decisões estratégicas do projeto. Tudo isso é conseguido por meio da utilização de ferramentas de comunicação e informação disponibilizadas amplamente na empresa.

Ao serem captadas as informações sobre as práticas aplicadas no PDP da empresa observou-se que algumas delas possuem indícios de uma prática enxuta, mas que não são confirmadas posteriormente como aderentes à prática enxuta por não serem aplicadas rotineiramente. Desperdícios foram apontados pelos entrevistados, porém típicos do ambiente de manufatura. Falta, portanto, um maior conhecimento dos desperdícios típicos de PDP e uma rotina para identificá-los e eliminá-los. Houve a aplicação de um mapeamento do fluxo de valor (VSM – *Value Stream Mapping*) dentro do PDP na industrialização de modificações técnicas no produto, tendo um potencial de melhoria muito grande de ser o início da consolidação da prática enxuta de se identificar e eliminar desperdícios no PDP, porém é uma iniciativa única não se caracterizando como uma prática enxuta. Ao serem entrevistados, alguns gestores consideram que esta prática, por estar envolvida com a produção enxuta, deve ser aplicada somente no ambiente de manufatura, porém como ela também pode ser aplicada ao desenvolvimento de produtos, fazer essa passagem e aplicá-la no ambiente de PDP ainda não está impregnado nas pessoas.

4.2 ANÁLISE DA ADERÊNCIA AO PDP ENXUTO

A análise da aderência das práticas do desenvolvimento de produto da empresa ao PDP enxuto foi feita de forma interpretativa a partir das observações captadas na pesquisa de campo e nas práticas referenciais encontradas na literatura.

Das vinte e três práticas selecionadas, dezoito delas tem aderência ao PDP enxuto e nas outras cinco a aderência não foi observada. As práticas aplicadas são: utilizar ferramentas de redução de custo; envolver o cliente desde o início do projeto; integrar o fornecedor no início do projeto; indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe; utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe; efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade; fazer a transferência de conhecimento entre projetos (lições aprendidas); utilizar a engenharia simultânea ou a integração de atividades funcionais; executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura); executar o leiaute de fábrica focado no produto; utilizar ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TIC); utilizar a gestão visual; envolver a alta administração; padronizar os processos e melhorá-los continuamente; utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos; fazer

a gestão e otimização do portfólio de projetos; aplicar o nivelamento da carga de trabalho; fazer a gestão da variedade do produto aplicando a modularidade e racionalização.

Mesmo com a constatação de aderência dessas práticas ao PDP enxuto, ainda se percebe um potencial para melhorar os seus processos utilizando as práticas enxutas em sua versão original ou adequadas à sua realidade como, por exemplo, a engenharia simultânea que é apontada na literatura como tendo um potencial muito forte para reduzir o tempo na disponibilização do produto no mercado, melhorar a qualidade dos processos e diminuir seus custos. Outro exemplo é a prática de se utilizar a gestão visual que pode ser aplicada de forma a extrair o melhor que ela oferece como é apontado na literatura.

Do total, cinco práticas não são aplicadas ou não foram observadas e necessitariam de uma avaliação sobre a sua viabilidade e um posterior plano de ação para sua possível implantação.

Não foi observada a aplicação da prática de identificar e eliminar os desperdícios de PDP rotineiramente e nem a prática de mapear o fluxo de valor no PDP conforme apontado pela prática enxuta. Mesmo com a constatação da aplicação de uma melhoria no processo geral de pequenos projetos com a participação de todas as áreas envolvidas no PDP, não se pode concluir que se caracteriza a relação com as práticas enxutas.

A prática da utilização do especialista, do modo como é aplicada na empresa, não tem relação com as práticas enxutas, haja vista a permissão e o incentivo à migração deles para outras áreas sem a devida consolidação do conhecimento adquirido nos projetos e posterior transferência.

A prática da engenharia simultânea baseada em conjuntos não foi observada, pois parte-se de uma ideia de conceito que é desenvolvida e, conforme a ocorrência de problemas, a possível solução é estudada, trabalhada e apresentada linearmente.

No caso da prática de portais da qualidade observada na empresa, concluiu-se que ela não apresenta aderência à prática enxuta de se utilizar portais de estágios adaptados, ágeis e acelerados. Constata-se, porém, que a empresa já está se preparando para a aplicação dessas alterações no futuro, haja vista as notícias existentes a respeito no portal de conhecimento da empresa.

O resultado da análise para cada prática do PDP enxuto está descrito no Quadro 16, que está contido no Apêndice C. Com base nessa análise, foi feita uma avaliação do nível da aderência que é detalhada na próxima seção.

4.3 ANÁLISE DO NÍVEL DA RELAÇÃO COM A PRÁTICA ENXUTA

Após a análise da aderência das práticas utilizadas no PDP da empresa com as práticas enxutas, foi feita a análise do nível desta relação. Do mesmo modo, esta análise foi feita de forma interpretativa a partir das práticas enxutas referenciais encontradas na literatura, permitindo assim a atribuição da classificação em "alto", "baixo" ou "não observada" para cada uma das vinte e três práticas.

Na análise de relação das práticas da empresa com o PDP enxuto, o resultado mostrou que 52% (doze práticas) do total têm uma aderência de alta intensidade: utilizar ferramentas de redução de custo; envolver o cliente desde o início do projeto; indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe; utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe; efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade; executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura); executar o leiaute de fábrica focado no produto; utilizar ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TIC); envolver a alta administração; padronizar os processos e melhorá-los continuamente; utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos; fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos. 26% (seis práticas) delas tem aderência ao PDP enxuto, porém com uma baixa intensidade, significando que sua aplicação precisa ser reavaliada e melhorada: integrar o fornecedor no início do projeto; fazer a transferência de conhecimento entre projetos (lições aprendidas); utilizar a engenharia simultânea ou a integração de atividades funcionais; utilizar a gestão visual; aplicar o nivelamento da carga de trabalho; fazer a gestão da variedade do produto aplicando a modularidade e racionalização.

A seguir são feitas as análises que permitiram avaliar o nível da aderência de cada prática analisada. Como constatado anteriormente, não foram observadas a aplicação das práticas: identificar e eliminar os desperdícios de PDP rotineiramente; mapear o fluxo de valor no PDP; utilização do especialista; engenharia simultânea baseada em conjuntos; portais de estágios adaptados, ágeis e acelerados.

A prática de integrar o fornecedor desde o início do projeto tem aderência às práticas enxutas, porém o nível da relação é baixo, pois tem uma base muito grande de fornecedores, focando na maior parte deles em preço e não em relacionamento de longo prazo. A utilização da engenharia simultânea tem aderência com o PDP enxuto, mas sua relação também é de baixa intensidade, uma vez que não tem uma participação ativa de todas as áreas funcionais com poder de decisão no projeto.

A indicação de um gerente forte de projeto e a utilização de uma estrutura organizacional adequada, tem um nível de aderência alto com as práticas enxutas. Como se constatou que a empresa aplica modificações incrementais e faz a implantação de projetos modificados provenientes da matriz alemã, a estrutura recomendada não é a matricial forte, sendo que a estrutura matricial balanceada supre plenamente as atividades de lançamento de produtos novos no mercado.

A utilização da gestão visual e a transferência de conhecimento entre projetos tem um nível de aderência baixo com as práticas enxutas, apesar de constatar-se que ela é muito utilizada na área do gerenciamento do projeto.

A prática de fazer a transferência de conhecimento entre os projetos tem um nível de aderência baixo com relação ao PDP enxuto por ser feita apenas nos projetos principais e mesmo assim, ainda se observa que alguns erros se repetem.

Observou-se que a prática de se fazer o planejamento das atividades e seu controle baseado em responsabilidade tem um nível de aderência alto com a prática enxuta. Os especialistas das áreas envolvidas com o PDP recebem as informações sobre prazos e datas críticas e fazem seus planejamentos e controles para atingirem os resultados necessários. Isso é feito em todas as áreas envolvidas no PDP.

As práticas aplicadas a seguir possuem uma aderência de nível alto com o PDP enxuto: envolvimento da alta administração nos projetos, que tem um papel fundamental no direcionamento da organização; envolvimento do cliente desde o início do projeto constatando-se que ele é atendido em suas necessidades; aplicação de ferramentas de redução de custo que trazem o custo do produto a patamares dentro dos objetivos do projeto; utilizar a prototipagem rápida, simulação e testes, conduzindo o desenvolvimento a uma redução no tempo de lançamento, qualidade no produto e reduzindo riscos e custos de retrabalhos; executar o projeto para a manufatura e montagem, onde uma nova linha de produção foi feita de acordo com padrões modernos de tecnologia e focada no produto, apresentando uma forte integração entre a engenharia de manufatura e o desenvolvimento; leiaute focado no produto, facilitando as movimentações de entrada e saída de componentes e do produto; padronização dos processos e sua melhoria contínua observada em todas as áreas da empresa; utilização de ferramentas de tecnologia da informação e comunicação, facilitando os trabalhos das áreas e o rápido atendimento às novas demandas do projeto.

Apesar da dificuldade intrínseca existente com relação à gestão do portfólio, a prática apresentada pela empresa tem um nível de aderência alto às práticas enxutas, pois ela tem uma gestão rotineira na aplicação de pequenos projetos fazendo sempre uma triagem deles,

observando viabilidades técnicas e financeiras, selecionando e priorizando de acordo com a disponibilização dos componentes e equipamentos necessários, além de se analisar o estágio de preparação das áreas funcionais e tomar as medidas necessárias visando a diminuição da complexidade do portfólio.

No entanto, constatou-se que a prática de nivelamento de mão de obra, ao ficar a critério das áreas funcionais, tem um nível de aderência baixo às práticas enxutas. Algumas áreas fazem o nivelamento apenas quando se deparam com a dificuldade na disponibilização dos recursos para atender uma nova demanda de projeto e não fazem um planejamento adequado.

Apesar de alguns componentes de produtos serem desenvolvidos para utilização em diversos conjuntos e serem intercambiáveis, foi constatado um nível de aderência baixo com a prática enxuta de praticar a modularidade e a gestão da variedade do produto encontrada na literatura.

O Quadro 12 mostra uma síntese da avaliação do nível de aderência das práticas do desenvolvimento de produto da empresa com cada uma das vinte e três práticas do PDP enxuto.

Quadro 12 – Nível de aderência da prática da empresa à prática enxuta

(continua)

Item	Práticas do PDP enxuto	Nível de aderência
1	Identificar e eliminar desperdícios no PDP	Não observada
2	Fazer e atualizar o mapeamento do fluxo de valor e melhoria contínua	Não observada
3	Utilizar ferramentas de redução de custo	Alto
4	Envolver o cliente desde o início do projeto	Alto
5	Integrar o fornecedor no início do projeto	Baixo
6	Indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe	Alto
7	Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe	Alto
8	Utilizar o especialista (foco no conhecimento)	Não observada
9	Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade	Alto
10	Fazer a transferência de conhecimento entre projetos (Lições aprendidas)	Baixo
11	Utilizar a engenharia simultânea ou a integração de atividades funcionais	Baixo
12	Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre eng. e man.)	Alto
13	Executar o leiaute de fábrica focado no produto	Alto
14	Aplicar a engenharia simultânea baseada em conjuntos	Não observada
15	Utilizar ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Alto
16	Utilizar a gestão visual	Baixo

Quadro 12 – Nível de aderência da prática da empresa à prática enxuta

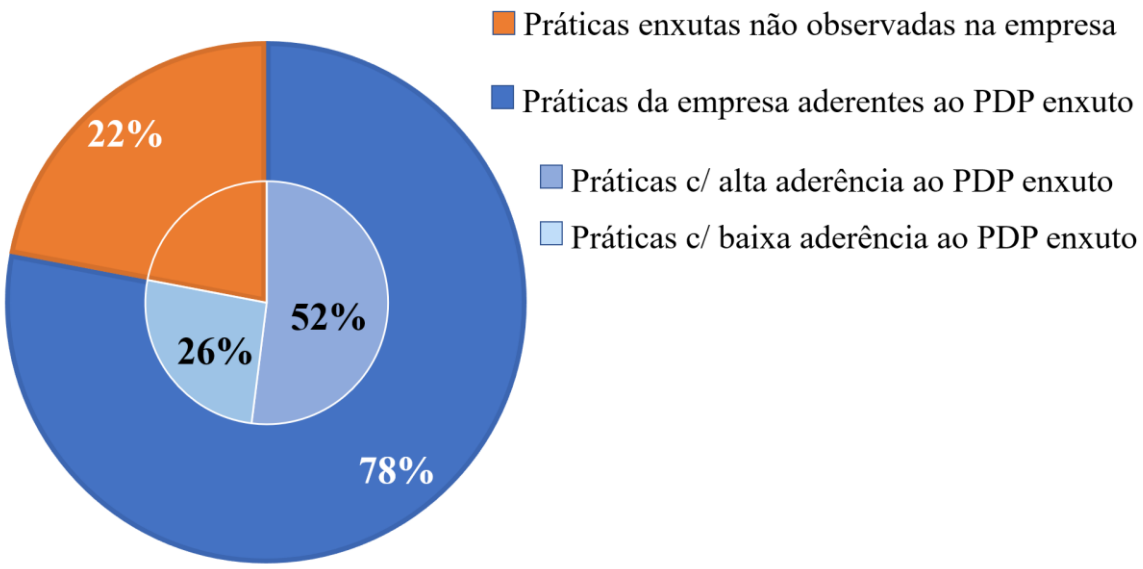
(conclusão)

17	Envolver a alta administração	Alto
18	Padronizar os processos e melhorá-los continuamente	Alto
19	Utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos	Alto
20	Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos	Alto
21	Aplicar o nivelamento da carga de trabalho	Baixo
22	Fazer a gestão da variedade do produto aplicando a modularidade e racionalização	Baixo
23	Utilizar os portais de estágios mais ágeis, adaptados e acelerados (*Stage-Gates*)	Não observada

Fonte: Autor.

Desta forma, a empresa aplica 78% (dezoito práticas) das vinte e três práticas do PDP enxuto selecionadas por este trabalho na literatura, sendo que 22% (cinco práticas) delas não foram observadas. 52% (doze práticas) tem uma alta aderência ao PDP enxuto e 26% (seis práticas) tem baixa aderência (Figura 9).

Figura 9: Práticas da empresa e o nível de aderência ao PDP enxuto



Fonte: Autor.

Destaca-se aqui a porcentagem de práticas aplicadas na empresa (78%) e, portanto, conhecidas pelos gestores envolvidos com o PDP, mesmo não havendo uma implantação sistemática como ocorreu na manufatura. Ainda se percebe um potencial de melhoria, no

entanto, pelos resultados alcançados, a empresa já ocupa um lugar de destaque frente aos concorrentes.

4.4 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE PRÁTICAS DO PDP ENXUTO COM O DESEMPENHO

Durante as entrevistas, foi solicitado aos gestores que, para cada uma das vinte e três práticas, citassem as suas percepções sobre o desempenho da prática no desenvolvimento de produtos da empresa: se tem a prática, como percebe o desempenho após a introdução; se não tem a prática, quais ele acredita que seriam os benefícios no desempenho. Nos dois casos, a percepção do desempenho é para os indicadores de tempo de disponibilização de novos produtos no mercado, custo e qualidade.

Assim, para permitir uma análise da relação das práticas do PDP enxuto e o desempenho do desenvolvimento de produtos da empresa, foram feitos os seguintes procedimentos:

a) seleção das práticas da empresa que foram classificadas como tendo alto nível de aderência ao PDP enxuto;
b) identificação da percepção dos gestores sobre o impacto dessas práticas no desempenho do desenvolvimento de produtos;
c) correlacionar o desempenho percebido nas práticas da empresa com práticas do PDP enxuto.

4.4.1 Práticas da empresa classificadas com alto nível de aderência ao PDP enxuto

Conforme procedimento adotado, foram selecionadas as práticas do PDP da empresa já identificadas anteriormente como possuindo um alto nível de aderência ao PDP enxuto, para servirem de base na análise do desempenho, totalizando doze, que são: utilizar ferramentas de redução de custo; envolver o cliente desde o início do projeto; indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe; utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe; efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade; executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura); executar o leiaute de fábrica focado no produto; utilizar ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TIC); envolver a alta administração; padronizar os processos e melhorá-los continuamente;

utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos; fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos.

4.4.2 Percepção dos gestores sobre o impacto das práticas no desempenho do desenvolvimento de produtos

Foram coletadas as percepções dos gestores sobre o impacto positivo de cada uma das vinte e três práticas no desempenho do desenvolvimento de produtos da empresa para os indicadores de tempo de disponibilização de novos produtos no mercado, custo e qualidade. As respostas representam a opinião subjetiva deles, baseados em sua percepção sobre o desempenho e o seu conhecimento sobre as práticas utilizadas no desenvolvimento de produtos, levando em conta os indicadores chave de desempenho utilizados pela empresa e desdobrados em cada área.

Desta forma, pela percepção dos gestores, 30% (sete práticas) do total sustentam o PDP da empresa e, portanto, têm um alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação dos novos produtos, são: utilizar ferramentas de redução de custo; envolver o cliente desde o início do projeto; efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade; utilizar ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TIC); envolver a alta administração; padronizar os processos e melhorá-los continuamente; utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos. Adicionalmente, 22% (cinco práticas) do total têm um impacto alto no PDP da empresa na opinião dos gestores mais próximos ao desenvolvimento do produto: indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe; utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe; executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura); executar o leiaute de fábrica focado no produto; fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos. Por outro lado, na opinião deles, 26% do total (seis práticas) têm um impacto fraco no desempenho do PDP por não serem aplicadas com a intensidade adequada, são: integrar o fornecedor no início do projeto; fazer a transferência de conhecimento entre projetos (lições aprendidas); utilizar a engenharia simultânea ou a integração de atividades funcionais; utilizar a gestão visual; aplicar o nivelamento da carga de trabalho; fazer a gestão da variedade do produto aplicando a modularidade e racionalização. Por fim, de 22% das práticas (cinco práticas) que não são aplicadas, a percepção dos gestores é de que três delas: identificar e eliminar desperdícios no PDP; utilizar o especialista (foco no conhecimento); utilizar os portais de estágios mais ágeis, adaptados e acelerados, trariam resultados positivos em custos e em tempo de industrialização

e lançamento se aplicadas imediatamente. A engenharia simultânea baseada em conjuntos, além de exigir uma maior capacidade de mão de obra no início do projeto, necessitaria de um tempo maior de treinamento na sua implantação devido ao desconhecimento de como aplicá-la. A outra, cuja opinião não tem sustentação na literatura, prática de se fazer e atualizar o mapeamento do fluxo de valor e melhoria contínua serve apenas para a manufatura, não sendo viável sua aplicação no PDP.

A seguir são transcritas as percepções dos gestores de forma detalhada para cada prática observada na empresa.

Pela percepção quase unânime dos entrevistados, exceção ao gestor da produção que não deu sua opinião, a prática de envolver o cliente desde o início do projeto, utilizar ferramentas de TIC, envolver a alta administração, utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos, assim como também efetuar o planejamento e controle com responsabilidade têm um alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto. Os mesmos gestores tiveram a percepção de um impacto alto nos resultados de custos na prática de utilizar ferramentas de redução de custo. Isto se deve à permanente e intensa análise de custos e viabilidade econômica realizada em todos os projetos da empresa pela área específica.

A indicação de um gerente forte de projeto e a utilização da estrutura adequada é percebida pelos gestores do gerenciamento de projetos, engenharia de testes, fabricação de protótipos e logística como tendo uma alta contribuição na qualidade e no prazo correto de aplicação. De fato, eles têm um envolvimento muito forte com o gerente de projetos e a equipe de gerenciamento. Porém, pela percepção do gerente de engenharia de produtos, o impacto é baixo na qualidade e no tempo de disponibilização de novos produtos no mercado, sendo creditada às áreas funcionais o cumprimento dos prazos e a qualidade na implantação dos novos produtos.

A prática de padronizar os processos e melhorá-los continuamente tem um alto impacto na redução de custos, qualidade e tempo de disponibilização dos novos produtos no mercado na percepção dos gestores mais próximos da manufatura como a própria produção, logística, engenharia de manufatura, qualidade e fabricação de protótipos. Já pela percepção dos gestores das demais áreas, o impacto é alto na qualidade e tempo de disponibilização dos novos produtos no mercado, pois em todas as áreas os processos são atualizados e melhorados periodicamente.

Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura) e executar o leiaute de fábrica focado no produto tem um impacto alto na qualidade, custo e tempo de disponibilização dos novos produtos no mercado na percepção dos gestores da produção, logística, engenharia de manufatura e qualidade, pois tiveram um

envolvimento muito forte na construção da nova linha de produção implantada na empresa recentemente.

Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos tem um alto impacto no custo, qualidade e no tempo de disponibilização dos novos produtos no mercado segundo a percepção dos gestores de engenharia de produto, marketing, fabricação de protótipos, logística e compras. Estas áreas têm um maior envolvimento nesta prática, acompanhando as decisões tomadas e executando as atividades desdobradas.

A prática de integrar o fornecedor no início do projeto, foi reconhecida como sendo de baixo impacto nos resultados do desenvolvimento de produtos pelas áreas de compras, logística e engenharia do produto. De fato, a integração é feita somente para alguns fornecedores mais críticos. A diminuição do retrabalho e a melhoria dos prazos, além da solução de problemas do PDP são resultados prováveis com a intensificação desta prática, segundo eles.

A prática de fazer a transferência de conhecimento entre projetos, utilizar a engenharia simultânea e utilizar a gestão visual foram consideradas de alto impacto nos resultados de qualidade, custo e tempo de disponibilização dos novos produtos no mercado apenas pela área de gerenciamento de projetos. É a área que mais se utiliza desta prática. As demais áreas consideram que essas práticas necessitam de melhorias, impactando com baixa intensidade no PDP.

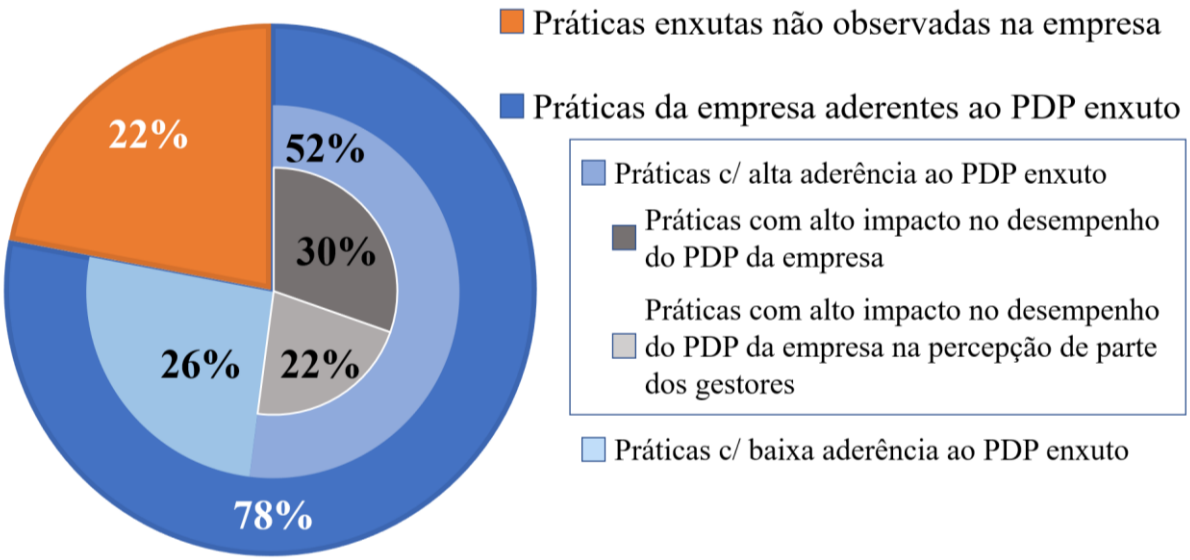
As práticas de se identificar e eliminar desperdícios e a prática de aplicar e atualizar o mapeamento do fluxo de valor (VSM – *Value Stream Mapping*) é considerada de alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de disponibilização dos novos produtos no mercado apenas pela produção e pela engenharia de fábrica por associarem a sua aplicação ao ambiente da manufatura. Quando questionados sobre a prática utilizada no desenvolvimento de produtos, concluem que elas não são aplicadas. Os gestores entendem que a identificação e eliminação de desperdícios deveria ser aplicada rotineiramente e traria ganhos financeiros elevados no PDP, apesar de eles não estarem familiarizados com estes desperdícios típicos no PDP.

A prática de se utilizar do especialista foi considerada de alto impacto na qualidade e no tempo de disponibilização dos novos produtos no mercado apenas pela área de produção, que não tem uma alta rotatividade dos seus especialistas e nem a perda do conhecimento, mesclando a chegada de novos funcionários com e sem o conhecimento específico. Os gestores das demais áreas consideram a prática como tendo um impacto com resultados negativos para o PDP. A empresa, segundo eles, entende que ao permitir a rotatividade não perde o conhecimento, mas ganha em experiência dos funcionários, formando potenciais de liderança.

Desta forma, pôde-se verificar por meio da opinião dos gestores como a empresa se prepara por meio da aplicação de suas práticas, que possuem alta aderência ao PDP enxuto, para cumprir o tempo planejado de disponibilização dos novos produtos no mercado, no custo previsto e com a qualidade necessária, para que o produto tenha um desempenho diferenciado no mercado.

Portanto, das doze práticas com alto nível de aderência ao PDP enxuto, os gestores têm uma percepção de que 30% (sete práticas) do total de vinte e três têm um alto impacto nos índices de desempenho do PDP da empresa e 22% (cinco práticas) do total tem impacto alto apenas para uma parte dos gestores (Figura 10).

Figura 10 - Percepção dos gestores das práticas de alto impacto no desempenho do PDP



Fonte: Autor.

Finalmente, as práticas que obtiveram uma avaliação com alto nível de aderência ao PDP enxuto, conforme apontadas na subseção anterior, foram relacionadas com as percepções dos gestores sobre o impacto dessas práticas no desempenho do desenvolvimento de produtos e mostradas no Quadro 13.

Quadro 13 - Percepção dos gestores sobre o impacto das práticas enxutas no PDP

Seleção das práticas da empresa com alto nível de aderência ao PDP enxuto	**Percepção dos gestores sobre o impacto dessas práticas no desempenho do desenvolvimento de produtos**
Utilizar ferramentas de redução de custo	Alto impacto nos resultados de ganhos financeiros com o atingimento de metas de custo dos produtos novos
Envolver o cliente desde o início do projeto	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto
Indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe	Alto impacto na qualidade e no prazo correto de aplicação para gestores mais envolvidos com o PDP como gerenciamento de projetos, engenharia de testes, fabricação de protótipos e logística.
Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe	Alto impacto na qualidade e no prazo correto de aplicação com gestores mais envolvidos com o PDP como gerenciamento de projetos, engenharia de testes, fabricação de protótipos e logística.
Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.
Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura)	Alto impacto alto na qualidade, custo e prazo de aplicação dos novos produtos na percepção dos gestores da produção, logística, engenharia de manufatura e qualidade.
Executar o leiaute de fábrica focado no produto	Alto impacto alto na qualidade, custo e prazo de aplicação dos novos produtos na percepção dos gestores da produção, logística, engenharia de manufatura e qualidade.
Utilizar ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.
Envolver a alta administração	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.
Padronizar os processos e melhorá-los continuamente	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.
Utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.
Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos	Alto impacto no custo, qualidade e no prazo de aplicação dos novos produtos em série segundo a percepção dos gestores de engenharia de produto, marketing, fabricação de protótipos, logística e compras.

Fonte: Autor.

4.4.3 Análise comparativa da percepção dos gestores com a literatura

Com a seleção das doze práticas do PDP da empresa que apresentam uma alta aderência às práticas enxutas e a percepção dos gestores quanto ao desempenho delas, pôde-se fazer então

uma análise de comparação com os benefícios que essas práticas enxutas trazem com base na literatura (Quadro 14).

A prática de utilizar ferramentas de redução de custo confirma a percepção dos gestores, pois realmente promove a redução de custos do produto e da manufatura. O envolvimento do cliente desde o início do projeto de fato reduz o custo do produto e diminui o tempo de disponibilização no mercado, conforme a prática enxuta. Os gestores ainda percebem um ganho na qualidade, pois ao oferecer o que o cliente quer, os itens de qualidade também são atendidos durante o processo. A prática de indicar um gerente forte do projeto traz como benefícios a redução de custo, a disponibilização do produto em um menor tempo e a melhoria da qualidade, porém a percepção de ganhos é apenas para uma parte dos gestores envolvidos com o PDP. A prática enxuta de se utilizar a estrutura organizacional adequada traz a vantagem de se atender os prazos de disponibilização do produto no mercado, o que é confirmado pela percepção dos gestores, porém, assim como no caso da utilização do gerente forte de projetos, nem todos têm essa percepção. No caso da prática de planejar e controlar com responsabilidade, os gestores percebem mais vantagens do que a literatura aponta. A prática de integrar a engenharia de manufatura com a engenharia de produto traz de fato os benefícios apontados e percebidos pelos gestores mais ligados aos processos produtivos. A percepção dos gestores, mais ligados à produção, sobre a prática de se fazer o leiaute de acordo com o produto, também confirma o que a literatura afirma sobre os ganhos que ela traz. A utilização de ferramentas de tecnologia da informação e comunicação é confirmada na literatura do PDP enxuto que promove de fato a melhoria do desempenho. Assim também, a prática de envolver a alta administração pode promover um alto impacto no desempenho da empresa se feita adequadamente, o que de fato é percebido pelos gestores que apontam essa prática como de grande importância no desenvolvimento de produtos da empresa. A prática enxuta de se padronizar os processos e melhorá-los continuamente confirma que a prática da empresa está melhorando o desempenho na percepção dos gestores. A prática enxuta de se utilizar a prototipagem rápida, simulação e teste nos projetos traz as vantagens de fato percebidas pelos gestores envolvidos no PDP. Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos promove de fato o desempenho no PDP, no entanto, essa percepção é apenas parcial entre os envolvidos no PDP o que pode significar a necessidade de melhoria em como a gestão é praticada.

Quadro 14 - Benefícios da prática enxuta comparados com a percepção de desempenho dos gestores

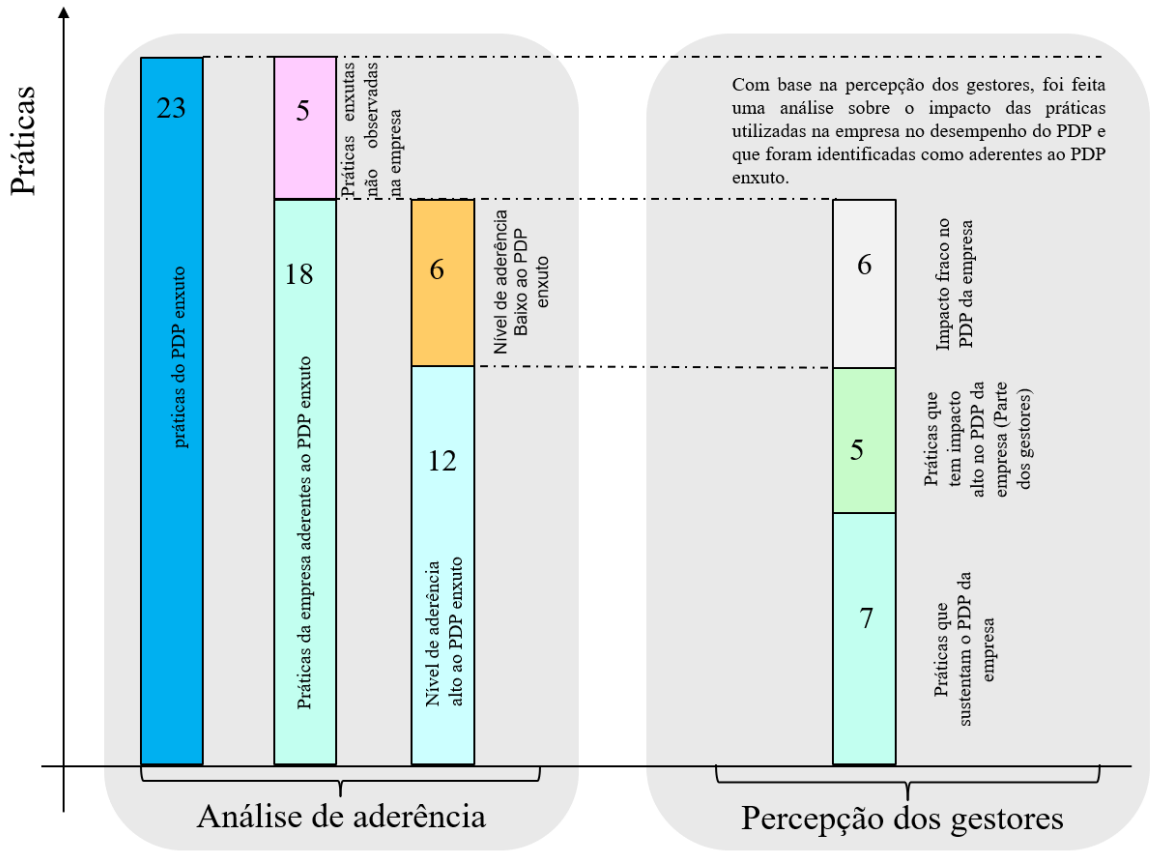
Seleção das práticas da empresa com alto nível de aderência ao PDP enxuto	**Percepção dos gestores sobre o impacto dessas práticas no desempenho do desenvolvimento de produtos**	**Benefícios da prática enxuta**
Utilizar ferramentas de redução de custo	Alto impacto nos resultados de ganhos financeiros com o atingimento de metas de custo dos produtos novos	Redução de custos do produto e da sua manufatura
Envolver o cliente desde o início do projeto	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto	Redução de custo e tempo de disponibilização no mercado
Indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe	Alto impacto na qualidade e no prazo correto de aplicação para gestores mais envolvidos com o PDP como gerenciamento de projetos, engenharia de testes, fabricação de protótipos e logística.	Redução do custo, tempo de disponibilização para o mercado e melhoria da qualidade
Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe	Alto impacto na qualidade e no prazo correto de aplicação com gestores mais envolvidos com o PDP como gerenciamento de projetos, engenharia de testes, fabricação de protótipos e logística.	Redução do tempo de disponibilização para o mercado
Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.	Atendimento do tempo de disponibilização para o mercado
Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura)	Alto impacto alto na qualidade, custo e prazo de aplicação dos novos produtos na percepção dos gestores da produção, logística, engenharia de manufatura e qualidade.	Reduz custos de investimento, diminui o leadtime e melhora a qualidade com a redução de erros
Executar o leiaute de fábrica focado no produto	Alto impacto alto na qualidade, custo e prazo de aplicação dos novos produtos na percepção dos gestores da produção, logística, engenharia de manufatura e qualidade.	Minimiza o tempo e o custo de produção
Utilizar ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.	Relação positiva com o desempenho do projeto, diminuindo custos, melhorando a qualidade e facilitando o tempo de implantação dos projetos
Envolver a alta administração	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.	Pode trazer melhoria na qualidade, diminuição do leadtime e minimizar custos
Padronizar os processos e melhorá-los continuamente	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.	Reduz a variabilidade ruim, aumenta a eficiência na condução de vários projetos simultaneamente e minimiza erros, captura e gerencia o conhecimento e serve como base para a melhoria contínua
Utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos	Alto impacto nos resultados de custo, qualidade e tempo de implantação do produto.	Reduz o leadtime, efeito positivo na qualidade e desempenho, e no aprendizado organizacional, diminui o custo reduzindo as iterações
Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos	Alto impacto no custo, qualidade e no prazo de aplicação dos novos produtos em série segundo a percepção dos gestores de engenharia de produto, marketing, fabricação de protótipos, logística e compras.	Cria um maior valor para a corporação dos projetos em andamento dando um maior retorno do investimento, aumentando a produtividade. Melhora o leadtime dos projetos com o balanço dos recursos usados.

Fonte: Autor.

Desta forma, neste trabalho foram selecionadas vinte e três práticas enxutas da literatura. Na análise, foram apontadas dezoito práticas da empresa que possuem aderência ao PDP enxuto e cinco práticas enxutas não foram observadas na empresa. Das dezoito práticas observadas na empresa, doze delas tem um nível de aderência alto ao PDP enxuto e seis tem um nível de aderência baixo. Na percepção dos gestores, das doze práticas que tem um nível de aderência alto ao PDP enxuto, sete sustentam o PDP da empresa, pois apresentam um alto impacto positivo no desempenho do PDP da empresa nos quesitos de prazo de disponibilização de novos produtos no mercado, custos reduzidos no processo de desenvolvimento e na qualidade do produto final. As cinco práticas complementares são avaliadas como de alto impacto no desempenho do PDP da empresa por apenas uma parte dos gestores. As seis práticas da empresa que foram avaliadas neste trabalho como tendo um nível de aderência baixo ao PDP enxuto, na

percepção dos gestores, foram consideradas como tendo um impacto positivo baixo no desempenho do PDP da empresa (Figura 9).

Figura 9 - Práticas da empresa aderentes ao PDP enxuto e a percepção dos gestores



Fonte: Autor

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa explorou a adoção de práticas do PDP em uma empresa, que é madura na aplicação dos princípios enxutos na sua manufatura, e fez uma análise da aderência dessas práticas encontradas na empresa com vinte e três práticas enxutas encontradas inicialmente na literatura, além disso, também analisou o nível dessa relação, ou seja, se a aderência é alta, baixa ou não foi observada. Obteve a percepção dos gestores em relação ao impacto no desempenho para completar a análise da relação, nos quesitos de tempo de disponibilização dos novos produtos no mercado, custo e qualidade.

Observou-se que, das vinte e três práticas enxutas encontradas na literatura, a empresa aplica dezoito delas, sendo que cinco não foram observadas conforme apontado pela literatura. Dessas dezoito práticas, doze tem um nível de aderência alto ao PDP enxuto e seis delas têm um nível de aderência baixo. Finalmente, as doze práticas da empresa que possuem um alto nível de aderência ao PDP enxuto foram relacionadas com a percepção dos gestores com relação ao desempenho dessas mesmas práticas. Na análise dessa relação, as percepções dos gestores são confirmadas pelos benefícios trazidos pelas práticas enxutas, ou seja, dessas doze práticas, sete são apontadas como práticas que sustentam o PDP da empresa e cinco, apesar de serem apontadas como tendo alto impacto, o são, mas somente por uma parte dos gestores.

Portanto, a questão da pesquisa "em empresas com a manufatura enxuta consolidada há práticas de desenvolvimento de produtos aderentes ao PDP enxuto?" pôde ser respondida e, assim, o objetivo foi atingido por meio das análises efetuadas. Mesmo sem ter feito uma implantação estruturada do PDP enxuto, a empresa apresentou práticas de desenvolvimento de produtos aderentes ao PDP enxuto. Como foi observado, algumas práticas necessitam de um maior entendimento dos envolvidos com o desenvolvimento de produtos e uma maior ênfase na sua aplicação. Pelo trabalho, as práticas de identificar e eliminar rotineiramente os desperdícios e aplicar o mapeamento do fluxo de valor necessitam de um maior envolvimento e capacitação para que os gestores tenham a percepção de que são úteis para o PDP.

Portanto, a metodologia de se analisar a aderência das práticas aplicadas no PDP da empresa automotiva com as práticas enxutas se mostrou eficaz. É necessário, no entanto, que seja aplicada em outras empresas que já possuem uma maturidade na abordagem enxuta na sua manufatura para confirmá-la.

Este trabalho contribui para a literatura na medida que vinte e três práticas enxutas são selecionadas e estudadas e que focam em conduzir empresas a um nível mais elevado em relação aos seus concorrentes são comparadas com práticas utilizadas no PDP da empresa

respondendo à lacuna existente, na literatura, que ainda não apresenta um trabalho deste nível para responder se práticas existentes na empresa aderem ao PDP enxuto e em qual intensidade, além de ainda captar a percepção de gestores sobre o impacto dessas práticas no desempenho do PDP e, também, contribuir para a área da gestão de desenvolvimento do produto de forma tal que, por meio da sua aplicação, pode-se fazer um diagnóstico das práticas utilizadas no desenvolvimento de produtos da empresa e orientá-la para aquilo que agrega valor para o cliente e para ela. É relevante também para o desenvolvimento de uma perspectiva didática para o processo de desenvolvimento de produtos auxiliando no entendimento e na implantação de práticas e dos princípios enxutos, nivelando o conhecimento enxuto entre os envolvidos com o desenvolvimento de produtos e facilitando a aprendizagem e a implantação sistêmica dos princípios e práticas enxutas aplicáveis ao PDP.

Uma sugestão para futuros trabalhos é responder a questão se há uma influência ou contribuição da manufatura enxuta consolidada na adoção ou implantação das práticas enxutas de desenvolvimento de produto da empresa, comparando outras plantas ou empresas que possuem níveis diferentes de maturidade na manufatura enxuta e quais as práticas adotadas que são aderentes às práticas enxutas. Outra sugestão para futuras pesquisas seria incluir práticas enxutas não apontadas por esse trabalho para serem estudadas e sua aplicação poder ser analisada com mais riqueza de detalhes, conceber um modelo referencial que integre todas elas fazendo uma ligação coerente e analisar como as empresas lidam com cada uma delas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. L. G. de; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, 2018. v. 18, n. 1, p. 91-109. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212018000100091&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 maio 2018. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100211.

AMIGO, C.; ROZENFELD, H. Modelos de referência para o processo de desenvolvimento de produtos: descrição e análise comparativa. In: **Anais** SIMPEP, XVIII; 2011, Bauru, SP.

ANDERSON, D. M. **Design for manufacturability**: how to use concurrent engineering to rapidly develop low-cost, high-quality products for lean production. Cambria: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014.

BARCZAK, G.; KAHN, K.B. Identifying new product development best practice. **Business Horizons**, Indiana, 2012. 55, 293–305.

BAUCH, C. **Lean product development: making waste transparent**. 2004. 132 p. Diploma thesis. Department of Mechanical Engineering. Massachusetts Institute of Technology (MIT). 2004.

BLICHFELDT, B. S.; ESKEROD, P. Project portfolio management—there's more to it than what management enacts. **International Journal of Project Management**, 26 (4), 357–365. 2008.

BROWN, J. The Lean Product Development Benchmark Report, **Aberdeen Group**. 2007.

BROWNING, T. R. Value-Based Product Development: Refocusing Lean. In: PROCEEDINGS OF THE 2000 IEEE. 2000, TX, pp. 168-172.

BROWNING, T. R. et al. Adding Value in Product Development by Creating Information and Reducing Risk. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 2002, 49:2, pp. 443-458.

BROWNING, T. R.; RAMASESH, R. V. A Survey of Activity Network-Based Process Models for Managing Product Development Projects. **Production and Operations Management**, 2007. 16:2, pp. 217-240.

CAI, T. **A conceptual framework for value creation management in the lean product development process**. 2011. 187 p. University of Calgary. PhD Thesis 2011.

CEDERGREN, S.; WALL, A.; NORSTRÖM, C. Evaluation of performance in a product development context. **Business Horizons**, 53(4), 359-369.

CHASE, J P. **Value Creation in the Product Development Process**. Thesis (master in science). Massachusetts Institute of Technology. Cambridge: 2001.

CHOOTHIAN, W.; DOOLEN, T.L.; ESEONU, C. The relationships between the number of practices and the yersrs of experiences and new product development process performance. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL ANNUAL CONFERENCE OF THE AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING MANAGEMENT; 2014, Huntsville. Huntsville: American Society for Engineering Management (ASEM), 2014.

CLARK, K. B. et al. Product Development in the World Auto Industry. **Brookings Papers on Economic Activity,** vol.1987, no. 3, 1987, pp. 729-781. JSTOR, www.jstor.org/stable/2534453. Doi:10.2307/2534453

COOPER, R. G. Invited Article: What's Next? After Stage-Gate. **Research-Technology Management**, 2014. 57, 20–31.

COOPER, R. G.; EDGETT, S.J. Maximizing Productivity in Product innovation. Research-Technology Management. Vol. 51, No. 2, March-April 2008. **Stage-Gate International and Product Development Institute Inc**. 2008.

CRAWFORD, M.; BENEDETTO, A. D. **New Products Management.** 10th. ed. New York: MacGraw-Hill/Irwin, 2011.

DAL FORNO, A. J. **Método de Avaliação via benchmarking do Processo do Desenvolvimento Enxuto de Produtos**. 2012. 229 p. Doutorado (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

DAL FORNO, A. J. et al. O impacto das práticas do Desenvolvimento Enxuto de Produtos no desempenho das grandes empresas do setor automotivo. In: CONGRESSO DE SISTEMAS LEAN, 4., 2014, Porto Alegre/RS, Brasil.

DE BRENTANI, U.; KLEINSCHMIDT, E. J.; SALOMO, S. Success in Global New Product Development: Impact of Strategy and the Behavioral Environment of the Firm. **Journal of Product Innovation Management**, 2010. vol. 27, no. 2, pp. 143-160.

DE PAULA, I. C.; FOGLIATTO, F. S.; CRISTOFARI, C. A. Method for assessing the maturity of product development management: A proposal. **African Journal of Business Management,** 2012. Vol.5 (38), pp. 10285-10302.

DOMBROWSKI, U.; KARL, A. Systematic Improvement of Supplier Integration within the Product Development Process. 49th CIRP CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS (CIRP-CMS 2016). Procedia CIRP 57, 392 – 397. 2016.

DOMBROWSKI, U.; SCHMIDTCHEN, K.; KRENKEL, P. Impact of the Lean Development implementation on Product Development Process. In: PROCEEDINGS OF THE IEEE, 2014. pp.1462-1466. Malaysia.

FOUQUET, J-B. Design for Six Sigma and Lean Product Development: Differences, Similarities and Links. **Asian Journal on Quality**, Vol. 8 Issue: 3, pp.23-34, 2007. https://doi.org/10.1108/15982688200700023

GARO, W.R.; GUIMARÃES, M.R.N. Competitive priorities and strategic alignment as mediators in the relationship between companies in the Brazilian automotive supply chain. **South African Journal of Industrial Engineering**. Vol 29(1), pp 184-194. 2018.

HAQUE, B.; JAMES-MOORE, M. Applying Lean Thinking to new product introduction. **Journal of Engineering Design.** Vol.15, no.1, 1-31. 2004. DOI:10.1080/0954482031000150125

HOPPMANN J. et al. A Framework for Organizing Lean Product Development. **Engineering Management Journal [serial online]**. March 2011;23 (1):3-15. Available from: Academic Search Premier, Ipswich, MA, 2011.

ISHIZAKA, A. Y. et al. Lean Office: Uma aplicação no Departamento de Marketing de uma instituição financeira. **Produto & Produção**, vol. 17 n. 4, p. 41-61. 2016.

JIMMERSON C., WEBER D., SOBEK II D. S. Reducing Waste and Errors: Piloting Lean Principles at Intermountain Healthcare. **Journal on Quality and Patient Safety,** 2005. V.31, Number 5, 249 – 257.

JONES, D.T.; WOMACK, J.P. The evolution of lean thinking and practice. In: Netland, T.H., Powell, D.J. (Eds.), The Routledge Companion to Lean Management., Routledge pp. 1–7, 2017.

KAHN, K. B. **Product Planning Essentials**. 2nd Ed. USA: New York, M.E. Sharpe Inc, 2011.

KAHN, K. B. et al. THE PDMA HANDBOOK OF NEW PRODUCT DEVELOPMENT. 3th. Ed. 2013.

KARLSSON, C; ÅHLSTRÖM, P. The difficult path to Lean product development. **Journal of Product Innovation Management**, 1996. Vol. 13 No. 4, pp. 283-95.

KENNEDY, M. N. **Product Development for the Lean Enterprise -** Why Toyota's System is Four Times More Productive and How You Can Implement It. Oaklea Press, 2003.

KHAN et al. Set-Based Concurrent Engineering process within the Lean PPD environment. PROCEEDINGS OF THE 18th ISPE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING, Massachusetts, USA 4-8 July 2011, pp433-430 Eds. Daniel D Frey, Schuichi Fukuda, Georg Rock. 2011.

KHAN, M. S. **The Construction of a Model for lean product development**. 2012. 239 p. Cranfield University. School of Applied Sciences, PhD Thesis Academic Year: 2009 – 2012.

KIM, Y-S. **A decomposition-based approach for the integration of product development and manufacturing system design**. 2002. 239 p. Thesis (Doctor of Philosophy in mechanical engineering) – MIT, Cambridge, 2002.

LEÓN, H. C.; FARRIS, J. A. Lean product development research: current state and future directions. **Engineering Management Journal**, 2011. vol. 23, no. 1, pp. 29-51.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota**. 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LORENZ, M. et al. The Lean Advantage in Engineering. Developing Better Products Faster and More Efficiently, **The Boston Consulting Group & WZL of RWTH Aachen,** 2015.

LUZ, L. M. et al. Integrating life cycle assessment in the product development process: A methodological approach. **Journal of Cleaner Production.** 193, 28-42. 2018.

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 2 (3)**, 2006.142-153.

MARCON, A.; LIMA, M. J. R. F.; FRANK A. G. O efeito moderador das tecnologias de informação e comunicação no impacto do desenvolvimento lean de produtos em indicadores de performance. In: WORKSHOP DO INSTITUTO DE INOVAÇÃO E GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ISVOR FCA, 10., 2016, Betim / MG. p.39-43.

MARION, T. J. et al. The influence of collaborative IT tools on NPD: high-performing NPD teams tend to use collaborative tools such as wikis and microblogs throughout the NPD process. **Research-technology Management**, 2016. v. 59, n. 2, p.47-54.

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

MCMANUS, H. L. **Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual**, Release 1.0 (September 2005), Massachusetts Institute of Technology Lean Aerospace Initiative. 2005.

MCMANUS, H.; HAGGERTY, A.; MURMAN, E. Lean engineering: doing the right thing right. 1st. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION AND INTEGRATION IN AEROSPACE SCIENCES. 2005, Belfast.

MITAL, A. et al. **Product development:** a structured approach to consumer product development, design, and manufacture. 2nd Edition. Elsevier, 2014.

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto: integrando pessoas, processos e tecnologia**. Tradução de Raul Rubenich. Porto Alegre: Bookman, 2008. 392 p.

OMAR, M. A. **The automotive body manufacturing systems and processes**. New Jersey, NJ: John Wiley and Sons, 2011.

OPPENHEIM, B.W. Lean product development flow. **Systems Engineering.** Vol. 7, no. 4. 352–376. 2004. DOI 10.1002/sys.20014

PARDAL, L.; PERONDI, L.; VALERI, S. A filosofia enxuta no desenvolvimento de produto e suas origens. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 2., 2011, São José dos Campos, SP.

PERALTA, C. B. da L. et al. Princípios Lean no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) – Uma abordagem qualitativa. **Revista ESPACIOS**. ISSN 0798 1015 Vol. 38 (Nº 27). 2017.

PINHEIRO, L. M. P.; TOLEDO, J. C. Aplicação da abordagem lean no processo de desenvolvimento de produto: um survey em empresas industriais brasileiras. **Gest. Prod., São Carlos**. 2014. http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1313-15

RADEKA, K. **The Mastery of Innovation**: A Field Guide to Lean Product Development By Katherine Radeka CRC Press, Taylor and Francis Group - Business & Economics - 265 pages. 2013.

RAUCH, E.; DALLASEGA, P.; MATT, D. T. Axiomatic Design based Guidelines for the Design of a Lean Product Development Process. Elsevier. **Procedia CIRP** 34 (2015) 112 – 118. 2015.

REINERTSEN, D. T**he Principles of product development flow**: second generation lean product development. Celeritas Publishing, California, 2009.
REINERTSEN, D.; SHAEFFER, L. Making R&D Lean. **Industrial research Institute** Inc., 51-57. 2005.

REIS, Z. C. et al. Revisão da literatura sobre a implementação da filosofia lean no PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos. **Revista Global Manager** V. 13, N. 1, 2013.

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

SALGADO, E. G. et al. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão & Produção**, 16(3), 344-356. http:// dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2009000300003. 2009.

_____. Identificação das ferramentas da filosofia lean para aplicação no processo de desenvolvimento de produtos. In: XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 nov. 2006.

SCHILLING, M. A.; HILL, C. W. Managing the new product development process: strategic Imperatives. **The Academy of Management Executive** (1993-2005), vol. 12, no. 3, 1998, pp. 67–81. JSTOR, JSTOR, www.jstor.org/stable/4165478.

SCHUH G.; LENDERS M.; HIEBER S. Lean Innovation: introducing value systems to product development. In: PROCEEDINGS OF PICMET, Cape Town. 2008.

SHARAFI, A. et al. Comparing product development models to identify process coverage and current gaps: A literature review. In: IEEM2010 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. 2010. pp. 1732–1736.

SILVA, G. C. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento do produto automotivo e diretrizes para seleção de protótipos virtuais e físicos. 2013. 255 p. Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SILVA, G. C.; KAMINSKI, P. C. Proposal of framework to managing the automotive product development process. **Cogent Engineering**, v. 4, p. 1-25, 2017.

SOBEK, D. K.; WARD, A. C.; LIKER, J. K. Toyota's principles of set based concurrent engineering. **Sloan management review**, vol. 40, no. 2, pp. 67-84. 1999.

SOLIMAN, M.; SAURIN, T. A.; WERLE, N. B. Identificando Oportunidades de melhoria no processo de alta do paciente de maternidade por meio do lean healthcare. **Revista Ingeniería Industrial.** 2017, Año 16 Nº1: 89-102.

STANKE, A. **A framework for achieving lifecycle value in product development**. 2001. 117 p. Thesis (Master's in science). Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2001.

TILLMANN, P.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. A Mentoring Approach to Implement Lean Construction. **Industry Papers.** ResearchGate. 2014.

TORTORELLA, G. L. et al. Relationships between lean product development enablers and problems. **International Journal of Production Research**, 1 – 19. 2015.

TYAGI, S. et al. K. Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. **Int. J. Production Economics**, v. 160, p. 202-212, 2015.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. 6th edition. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

VIEIRA, C. A.; FORCELLINI, F. A. Mapeamento do fluxo de valor na fase de planejamento do processo de desenvolvimento de produtos. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO, 2007. Foz do Iguaçu, PR, Brasil 09 a 11 de outubro de 2007.

WARD, A. C. **Sistema lean de desenvolvimento de produtos e processos.** Tradução de Cláudia Ferrari. 1ª. Ed. São Paulo: Leopardo, Lean Institute Brasil, 2011. 209 p.

WARD, A. C. et al. The second Toyota paradox: how delaying decisions can make better cars faster. **Sloan Management Review**, 36(3), 43-61. 1995.

WEBER, J. **Automotive Development Processes**. Berlin Heidelberg Springer-Verlag, 2009.

WELO, T. On the application of lean principles in Product Development: a commentary on models and practices. **Int. J. Product Development**, Vol. 13, No. 4, 2011.

WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing product development:** quantum leaps in speed, efficiency and quality. New York: Free Press, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas** – elimine o desperdício e crie riqueza. 6ª. Ed. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J.; JONES, D.T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**: The Story of Lean Production. Harper Perennial, 1990.

ZANATTA, A. **Melhoria do processo de desenvolvimento de produtos de uma empresa de produção de bens de consumo duráveis visando à implementação de um modelo de referência.** 2010. 208 p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação Engenharia de Produção em Processos e Gestão de Operações). Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São Carlos.

APÊNDICE A – PROTOCOLO DA PESQUISA

PROTOCOLO DE PESQUISA

Pesquisador: Heinrich Rogalsky FEI – Centro Universitário

Orientador: Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini FEI – Centro Universitário

Contato (s) na empresa:

Introdução

Esta pesquisa é parte integrante do trabalho de dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica, ênfase em Produção que será apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da FEI – Centro Universitário.

Tem o objetivo geral de analisar se as empresas maduras na manufatura enxuta possuem práticas aderentes ao processo de desenvolvimento de produtos enxuto e mais especificamente identificar o nível de aderência dessas práticas ao Processo de Desenvolvimento Enxuto do Produto.

As informações fornecidas e dados coletados serão tratados com confidencialidade, portanto não serão divulgados nem os nomes das pessoas entrevistadas e nem a razão social da empresa.

Quaisquer documentos, que porventura venham fazer parte da dissertação, não aparecerão com o nome da empresa. Será fornecido um relatório sobre o estudo de caso para a empresa participante da pesquisa.

Apoiado na literatura, serão entrevistados gestores que participam do processo de desenvolvimento de produtos, das áreas de Gerenciamento do Projeto, Marketing, Engenharia do Produto, Engenharia de testes, Engenharia de manufatura, Produção, Logística, Qualidade, Custos, Fabricação de protótipos, Compras.

Serão entrevistados 11 gestores envolvidos com o processo de desenvolvimento de produtos.

Procedimentos

As entrevistas serão agendadas com antecedência e conforme disponibilidade do entrevistado.

O pesquisador terá à mão uma cópia do roteiro, com as 43 questões de teor qualitativo, que servirá como apoio na entrevista e disponibilizará uma outra cópia ao entrevistado juntamente com a folha que apresenta a pesquisa.

Serão feitas anotações durante a entrevista e, quando o entrevistado permitir, será gravada.

As observações e percepções dos entrevistados devem ser feitas de forma livre e no próprio protocolo, sem nenhum tipo de indução.

As entrevistas terão duração máxima de 1 hora e serão conduzidas pelo pesquisador nas instalações da empresa evitando-se, dessa forma, entrevistas extremamente longas ou muito curtas.

O pesquisador também fará observações que serão coletadas em atividades diversas como *workshops* (trabalho com tema e objetivo específico contando com vários especialistas), reuniões técnicas, reuniões de revisão técnica com gestores, realizadas durante o processo de desenvolvimento de produtos.

O material a ser levado na pesquisa é o questionário que servirá como roteiro de entrevista, cópia do questionário de entrevista para o entrevistado, gravador e bloco de notas.

Diretrizes do Relatório de Estudo de Caso

Após as entrevistas deve ser redigido um resumo que deverá conter informações gerais sobre a área dos gestores entrevistados, data da entrevista e duração da entrevista, além de conter as observações e percepções do entrevistado seguindo a sequência do roteiro de entrevista.

Dados gerais da entrevista e identificação do gestor entrevistado

1. Data da aplicação do questionário: _____
2. Duração da aplicação do questionário: _____
3. Área do entrevistado: _____
4. Tempo de atuação no processo de desenvolvimento de produtos: _____

Questionário para servir de roteiro nas entrevistas do estudo de caso

1 – Identificar e eliminar desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos

Eliminação de desperdícios é o passo principal para criação de valor - ações de gestão tais como reorganização e variação da carga de trabalho que tornam difícil que o conhecimento chegue ao lugar certo; barreiras de comunicação tais como o uso de múltiplos formulários de papel para carregar informações por meio de canais; e ferramentas inadequadas, as quais na maioria das vezes geram informações que teriam sido úteis para evitar um problema passado, mas que não impedem eficientemente problemas futuros; informações inúteis, geralmente geradas para fornecer à administração a ilusão de controle; prática de colocar o aprendizado de desenvolvimento em lotes de modo que o conhecimento flua apenas em uma direção; tomar decisões sem dados; teste quanto às especificações, o que deixa o produto vulnerável a problemas raros demais para que as especificações os detectem; e conhecimento descartado, o que significa deixar de colocar tudo o que foi aprendido durante um projeto em uma forma utilizável.

1. Quais são os desperdícios mais comuns encontrados ao longo do processo de desenvolvimento do produto da empresa?

2. A empresa procura identificar e diminuir/eliminar os desperdícios ligados ao processo de desenvolvimento do produto? Se sim, quais são as principais práticas aplicadas?

2 – Fazer e atualizar o mapeamento do fluxo de valor

3. A empresa aplica a prática de fazer e atualizar periodicamente o mapeamento do fluxo de valor no processo de desenvolvimento de produto? Se sim, mostrar um mapeamento do fluxo de valor (VSM – *Value Stream Mapping*) feito (indicar a periodicidade)

4. São aplicadas ferramentas de melhoria contínua nos pontos de desperdício ou fluxo desnecessário de informações, identificados no mapeamento do fluxo de valor do processo de desenvolvimento do produto? São abertos projetos de melhoria para esse caso?

3 – Utilizar ferramentas de redução de custos

5. Há métodos ou ferramentas de redução de custo (ex.: Análise de Valor) tanto em suas práticas de negócios quanto em sua cultura, para permitir que a redução de custo seja contínua?

4 – Envolver o cliente desde o início do projeto

6. A voz do cliente é ouvida frequente e interativamente durante todo o processo de desenvolvimento?

7. Há técnicas ou ferramentas para capturar a voz do cliente/necessidades de mercado? (Por exemplo QFD, *Focus Group*, pesquisa de mercado)

8. A empresa identifica o que é valor para o cliente e procura implantar no projeto de produto ou processo?

9. Há a preocupação em entender as necessidades dos envolvidos no desenvolvimento (clientes internos)?

5 – Integrar o fornecedor no início do projeto

10. O fornecedor é integrado no início do processo de desenvolvimento de produtos? Se sim, dê alguns exemplos sobre essa integração.

6 – Indicar gerente forte ou engenheiro chefe

11. Há a prática de indicar um Engenheiro Chefe ou Gerente Forte de Projeto para integrar o Processo de desenvolvimento de Produtos do início ao fim do projeto? Qual é o perfil do engenheiro chefe ou do gerente do projeto?

7 – Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe

12. O que caracteriza a composição da equipe do projeto? Como ela é formada? Como os membros são preparados?

8 - Utilizar o especialista (foco no conhecimento e responsabilidade)

13. A empresa desenvolve as capacidades técnicas de cada engenheiro de desenvolvimento de produto, favorecendo o aperfeiçoamento e o aprofundamento do conhecimento técnico nas suas áreas de atuação?

14. As pessoas que adquirem conhecimento técnico específico ao desenvolver um projeto são alocadas no desenvolvimento de novos projetos que utilizarão o mesmo conhecimento?

9 - Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade

15. As pessoas fazem o planejamento e controle dos processos baseados em responsabilidade ou fazem somente conforme solicitação de superiores?

10 – Fazer a transferência de conhecimento entre projetos (Lições aprendidas)

16. Há uma transferência de conhecimento entre projetos?

17. Na prática, são utilizadas soluções/informações de projetos anteriores?

11 - Utilizar a engenharia simultânea ou a integração de atividades funcionais

18. Há uma integração das áreas envolvidas no processo de desenvolvimento de produtos desde o seu início e como se dá essa integração?

19. Quais as áreas envolvidas desde o início do desenvolvimento de produtos? (Múltipla escolha)
( ) engenharia ( ) marketing ( ) custos ( ) manufatura ( ) comercial ( ) compras
( ) Design ( ) outra _____

12 - Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura)

20. O projeto de manufatura é feito por meio de uma integração entre as áreas de manufatura e desenvolvimento de produto e é focado no produto?

21. Produtos e processos são desenvolvidos de forma simultânea? Cite exemplos.

22. As definições do produto e do processo são integradas de forma contínua do início até o final do processo de desenvolvimento de produtos?

13 - Executar o leiaute de fábrica focado no produto

23. O leiaute de fábrica é executado com foco no produto? Há uma integração da engenharia de produto e engenharia de manufatura para a execução do leiaute?

14 – Aplicar a engenharia simultânea baseada em conjuntos

24. A empresa concentra esforços no início do projeto e começa a desenvolver todas as alternativas de solução identificadas e vai eliminando as que apresentam falhas, até chegar a uma única solução final?

15 – Utilizar ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)

25. São utilizadas ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) para melhor acompanhamento do cronograma e atividades do projeto?

26. Uma infraestrutura de tecnologia da informação (TI) com hardware, software e suporte técnico adequados está disponível para o desenvolvimento de produtos?

16 – Utilizar a gestão visual

27. As principais metas, prazos, pontos críticos e andamento do projeto são disponibilizados de maneira clara e visual para todas as áreas e participantes envolvidos no projeto?

28. Os dados disponibilizados, descritos na questão anterior, são constantemente atualizados?

17 – Envolver a alta administração

29. A alta administração da planta é envolvida em todas as etapas do processo de desenvolvimento de produto? Fornecem apoio nas decisões?

18 – Padronizar os processos e melhorá-los continuamente

30. Há um processo formal, padronizado com constantes revisões e compreendido de desenvolvimento de produtos, que abrange todos os grupos da empresa? Se sim, cite a última revisão e as principais etapas e algumas atividades.

31. O processo de desenvolvimento de produtos possui fases com atividades ocorrendo paralelamente e interativamente? Se sim, indique as principais que ocorrem paralelamente.

32. Há a busca por melhorar o processo continuamente levando em conta a interação das áreas, o compartilhamento de benefícios, valor e negociações de *trade off* (cenários com situações conflitantes)?

19 - Utilizar a prototipagem rápida, simulação, teste nos projetos

33. Os testes de conceito (simulação virtual, modelos digitais, prototipagem rápida) são partes integrantes do processo de desenvolvimento de produtos? Se sim, cite os que são utilizados.

34. São fabricados protótipos para testes diversos no processo de desenvolvimento de produtos? Se sim, cite os testes mais realizados e alguns resultados que mostram a utilidade deles.

35. A quantidade de protótipos é otimizada e adequada à necessidade real do projeto? Se sim, indique o que foi eliminado e se foi realmente positivo.

20 – Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos

36. Existe um processo para a gestão e otimização do portfólio de projetos? Se sim, indique quais áreas participam das decisões e quantos foram eliminados recentemente e se realmente era adequado fazê-lo.

21 – Aplicar o nivelamento da carga de trabalho

37. Existe uma classificação ou priorização de projetos de desenvolvimento de produtos em andamento para atender às necessidades, tamanho e risco de projetos individuais? Se sim, essas priorizações são feitas com qual frequência?

38. O nivelamento da carga de trabalho é considerado na priorização dos projetos? Se sim, cite exemplos em que isso foi feito e quais áreas participam.

22 – Fazer a gestão da variedade do produto e aplicar a modularidade e racionalização

39. A empresa pratica o reuso de componentes, racionalização ou modularidade no processo de desenvolvimento do produto?

23 - Portais de estágios (*Stage Gates*)

40. A abordagem de portais de estágios é flexível, adaptando-se a novas informações, conforme o processo se move por meio do desenvolvimento e testes? Se sim, indique a última vez que houve essa.

41. O sistema é flexível na medida em que as ações para cada etapa e as entregas em cada portal são diferenciadas para cada projeto de desenvolvimento, com base no contexto do mercado e nas necessidades do processo de desenvolvimento. Se sim, cite um caso.

42. O sistema enfatiza o movimento ágil de um portal para outro, sem desperdícios e sem burocracia? Se sim, informe um movimento que foi percebido.

43. As atividades nos estágios se sobrepõem, e mesmo as etapas se sobrepõem (a noção de um estágio é menos relevante)? Se sim, cite exemplo

Para cada uma das 23 práticas o entrevistado deve citar quais são as suas percepções sobre o desempenho da prática no desenvolvimento de produtos da empresa e sua opinião sobre o desempenho geral do PDP nos resultados da empresa: se tem a prática como percebe o desempenho após a introdução, se não tem a prática quais ele acredita que seriam os benefícios no desempenho? Para os indicadores – qualidade, tempo, custo.

APÊNDICE B – QUADRO COM INFORMAÇÕES PRINCIPAIS CAPTADAS POR PRÁTICA ENXUTA

Quadro 15 - Informações principais captadas por prática enxuta

(continua)

Práticas do PDP da empresa relacionadas a cada prática de PDP enxuto
1 - Identificar e eliminar desperdícios no PDP:
- os entrevistados identificaram vários desperdícios durante a entrevista, porém não são eliminados rotineiramente; - dois anos atrás a empresa aplicou um processo de melhoria em todas as áreas participantes do desenvolvimento do produto especificamente para projetos pequenos (tempo de desenvolvimento menor que dois anos), para acelerar as entregas e minimizar retrabalhos. O objetivo foi reduzir o *leadtime* dos processos em 50%. Ainda está em análise a redução total alcançada. Para projetos grandes, que envolve a utilização de todos os recursos da empresa, esta iniciativa não foi aplicada; - é utilizada uma ferramenta de análise para diminuir os possíveis modos de falha de algumas partes do projeto, mas é aplicada com baixa frequência (DFMEA); - a área de logística analisa anualmente os componentes sem movimentação de estoque nos diversos almoxarifados e avalia o motivo da sobra e uma possível reutilização; - a prática de identificar e eliminar desperdícios rotineiramente no PDP não é conhecida pelos entrevistados.
2 - Fazer e atualizar o mapeamento do fluxo de valor e melhoria contínua:
- a empresa fez uma única aplicação do mapeamento do fluxo de valor no processo de projetos pequenos (tempo de desenvolvimento menor que dois anos) identificando pontos necessários de melhoria e obteve resultados positivos; - não faz atualizações periódicas e as áreas envolvidas no PDP não fazem uso desta prática com a intenção de melhorarem seus processos, com exceção da produção e engenharia de manufatura; - os planos de ação que ainda não foram finalizados para chegar às melhorias propostas são acompanhados periodicamente; - entrevistados entendem que não é uma ferramenta a ser aplicada no PDP.
3 - Utilizar ferramentas de redução de custo:
- ao ser iniciado um projeto são feitos cálculos de custo de referência e análise de valor com base no preço que o cliente vai pagar; - são feitas análises comparativas de produtos utilizados pela concorrência e que são referência (*Benchmark*) no mercado; - existe uma área específica de engenharia e análise de valor para fazer estes trabalhos comparativos; – há projetos específicos conduzidos anualmente, acompanhados pela alta gerência, para reduções de custos no produto, com propostas de unificações e racionalizações e indicadores de desempenho para acompanhar a sua eficácia na prática. - são feitos trabalhos de sugestões de melhorias e redução de custos (Workshop e KAIZEN) com alguns fornecedores; - nos últimos anos, ao se concluir um ciclo de projeto, um novo projeto é iniciado visando atacar as reduções de custos em diversos pilares (custos fixos, custos variáveis de produto, diminuição de falhas – redução de custos de garantia, etc.).

Quadro 15 - Informações principais captadas por prática enxuta

(continuação)

Práticas do PDP da empresa relacionadas a cada prática de PDP enxuto
4 - Envolver o cliente desde o início do projeto:
- a solicitação de alterações ou melhorias e atendimento de necessidades demandadas pela captação da voz do cliente é feita por meio de uma ferramenta que auxilia na gestão dessas necessidades e com a consequente análise de viabilidade técnica e econômica. Estas necessidades são apresentadas nas reuniões do gerente de projetos e atendidas por meio de priorizações e implantadas conforme possibilidade de industrialização; - é oferecida uma variedade grande de produtos ao cliente que é alcançada por intermédio da codificação e combinação das especificações e características do produto; - por meio de comparações de desempenho no mercado dos produtos anteriores e após incrementações, ou seja, crescimento ou redução de índices de participação de mercado, a área de *Controlling* conclui, com a utilização de cálculos, se esta prática traz resultados positivos ou não para a empresa; - são feitas análises de segmento de mercado que a empresa atua e qual a posição que ela ocupa. Utiliza uma ferramenta para aplicar ações de forma a melhorar o posicionamento no mercado; - são utilizadas ferramentas de tecnologia da informação e comunicação como o *facebook* para obter respostas rápidas do cliente. Os requisitos dos clientes (adquiridos por meio de pesquisas, contato direto, etc.) são analisados pela área de marketing e compilados em documentos / ferramentas utilizadas nos projetos tais como: "*Green Book*" – definição do posicionamento estratégico de mercado para cada requisito do produto (conforto, confiabilidade, manutenção, etc.).
5 - Integrar o fornecedor no início do projeto:
- primeiro contato com fornecedor para itens novos e com novas tecnologias é feito pela engenharia de produto onde é desenvolvida uma relação com ele, não havendo possibilidade de negociações posteriores. Nesses casos, onde a tecnologia é dominada pelo fornecedor, eles participam diretamente no desenvolvimento e, na maioria das vezes, no futuro fornecimento. É tomado um cuidado especial no caso destes contratos de desenvolvimento, pois devem deixar explícito tanto a confidencialidade e os direitos de patentes. O contrato de confidencialidade é elaborado à parte; - a integração do fornecedor no início do projeto está em evolução, tem um grande impacto para itens críticos no desenvolvimento de produtos e somente para alguns fornecedores que são considerados principais. Para esses poucos fornecedores as tratativas são feitas em reuniões mensais onde eles tomam conhecimento das demandas da empresa para desenvolver os produtos novos e a necessidade de alterações solicitadas pelo time de projeto ou provocadas por resultados de testes ou por análises de montabilidade. Com isso, os desenhos são corrigidos a tempo, sem custos adicionais; - alguns fornecedores mantêm a presença de um engenheiro ou funcionário residente que faz a informação entre fornecedor e cliente fluir mais rapidamente; nos itens de prateleira não há necessidade desta integração; - são feitos diagnósticos e acordos de metas para todos os fornecedores, com planos de ação para desvios de qualidade ou prazo observados; para alguns fornecedores de produtos de série são feitos trabalhos de melhoria contínua (*KAIZEN*) em seus processos;

Quadro 15 - Informações principais captadas por prática enxuta

(continuação)

Práticas do PDP da empresa relacionadas a cada prática de PDP enxuto
5 - Integrar o fornecedor no início do projeto:
- para a maior parte dos itens desenvolvidos na matriz alemã (*carryover)* não há a possibilidade de se fazer alterações técnicas, como por exemplo, adequações à matéria prima nacional e, por consequência, as negociações de preço são dificultadas, exceto nos casos passíveis de nacionalização; contratos são desenvolvidos para preço e não parceria de longo prazo; em alguns casos, nas negociações, são utilizadas planilhas de custo; a base de fornecedores é extensa.
6 - Indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe:
- a empresa utiliza-se de um gerente forte com nível de diretor para gerenciar projetos grandes, cujo desenvolvimento afeta todos os grupos de construção do veículo e o portfólio no geral. Possui uma equipe de apoio utilizada para facilitar a gestão dos projetos constituída dos gerentes sênior e suas equipes de gerentes e especialistas. Ele tem um relacionamento influente e intenso com os membros da direção e com a matriz alemã; - há a indicação de um gerente sênior para gerenciar projetos menores ou apenas modificados da matriz. Lidera uma equipe de gerentes que são responsáveis pela industrialização dos projetos e, que por sua vez, fazem a gestão de seus times de coordenadores de projetos. Com essa equipe ele faz o gerenciamento de todos os projetos de produto da empresa juntamente com os especialistas que foram indicados pelas suas áreas funcionais para participarem do time de projetos, denominado de "time em módulos". Esses coordenadores de projetos conduzem as reuniões com os times de especialistas provenientes das áreas funcionais, participantes do desenvolvimento de produto, e conduzem as atividades tanto de projetos grandes, com muitas modificações, quanto de projetos pequenos, onde as modificações são mais simples e rápidas. Há também a indicação de um engenheiro chefe na engenharia de produto que coordena a parte técnica do projeto, no entanto, não estão na mesma estrutura. O gerente de projeto tem amplo conhecimento em gestão de projetos e facilita a execução de atividades com fornecedores e a industrialização. Tem a responsabilidade sobre o budget dos projetos possuindo o controle de todo orçamento, distribuindo os gastos conforme necessidades planejadas pelas áreas funcionais, e de atingir as metas de prazo, custo e qualidade e de atender as necessidades do cliente; - há a indicação de um gerente sênior para fazer a gestão dos projetos relativos ao trem de força e eixos. Funciona do mesmo modo que o gerente sênior do veículo completo, dando apoio a ele.
7 - Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe:
- os gerentes de projeto têm uma equipe dedicada e exclusiva constituída de gestores responsáveis pela coordenação e industrialização dos diversos projetos que estão planejados ou que entrarão na programação para atender a demanda dos clientes, legislação ou qualidade; - há uma equipe de especialistas que por sua vez coordenam os diferentes times modulares. Esses times são constituídos pelos diversos especialistas das áreas funcionais. Reúnem-se semanalmente para discutir os temas técnicos que estão sob sua responsabilidade. Eles têm a função de facilitar a comunicação e a interligação entre os participantes. Os coordenadores reportam as ações e as pendências da equipe para os seus gestores e consequentemente, para o gerente sênior de projetos;

Quadro 15 - Informações principais captadas por prática enxuta

(continuação)

Práticas do PDP da empresa relacionadas a cada prática de PDP enxuto
7 - Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe:
- a equipe do gerente sênior de projetos é responsável para conduzir e informar sobre os quesitos de passa/não passa dos portais da qualidade (*quality gates*); - esta estrutura atende todos os projetos da empresa. Alguns especialistas dos diversos times de projeto, funcionam como representantes de outros especialistas.
8 - Utilizar o especialista (foco no conhecimento):
- a empresa possui especialistas nos diversos grupos de construção para solucionar os problemas complexos que aparecem no desenvolvimento; - houve uma saída dos profissionais especializados nos últimos anos, devido à mudança de área e função ou da própria empresa, com a consequente perda de conhecimento tácito e explícito. Isso provocou a elaboração de projetos com falhas e consequentes ciclos de correção; - temas complexos de projeto são tratados por especialistas da matriz alemã que detêm o conhecimento necessário, trazendo com isso gastos enormes em viagens e treinamentos internacionais; - funcionários não são impedidos de se transferir para outras áreas, pois recebem ofertas de crescimento profissional e são incentivados pela empresa a seguir por esse caminho; - o conhecimento não é consolidado e não é feita a transferência de conhecimento para o funcionário substituto adequadamente; - a empresa aumentou os seus gastos com consultorias e contratação de mão de obra especializada de terceiros para compensar a falta que fazem os especialistas que saíram da área, cujo conhecimento não foi reposto.
9 - Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade:
- os times de coordenação recebem os objetivos com as datas principais e fazem o planejamento das atividades mais importantes com monitoramento constante do gerente de projetos. Caso as atividades não sejam cumpridas, devem ser reportadas e escaladas; - o planejamento e coordenação das atividades são feitas pelos coordenadores que possuem a responsabilidade pelo seu atendimento. Há reuniões diárias de gerenciamento onde os temas mais críticos são escalados e há indicadores de desempenho semanais e mensais que são acompanhados pelo gerente de projeto; - o detalhamento das atividades de projetos é feito com base nos prazos principais do PDP, com um alto nível de detalhamento, passando a responsabilidade final para as áreas funcionais e seus especialistas onde também é feito o planejamento e controle.
10 - Fazer a transferência de conhecimento entre projetos (Lições aprendidas):
- ao final de projetos grandes, que atingem a maior parte dos grupos de construção do veículo, é feita a análise de lições aprendidas com as diversas áreas participantes do desenvolvimento de produto e análises de risco periodicamente; - boa parte do aprendizado se perde durante a realização de novos projetos não havendo um controle específico para não se repetir as falhas/problemas;

Quadro 15 - Informações principais captadas por prática enxuta

(continuação)

Práticas do PDP da empresa relacionadas a cada prática de PDP enxuto
10 - Fazer a transferência de conhecimento entre projetos (Lições aprendidas):
- as falhas de maior impacto são as que terão uma ação mais assertiva para evitá-los nos próximos projetos; - para projetos pequenos, com poucas modificações nos grupos de construção, não são feitas as análises de lições aprendidas de forma rotineira.
11 - Utilizar a engenharia simultânea ou a integração de atividades funcionais:
- há reuniões de times das diversas especialidades lideradas pela equipe do gerente de projeto; - há uma participação intensa do próprio gerenciamento do projeto, marketing, engenharia de produtos, engenharia de testes, fabricação de protótipos, logística, qualidade, custos e compras no início do projeto, sendo que a engenharia de manufatura e produção entram mais próximos do portal 5; - funcionários que não estão sintonizados com o projeto ou não são os especialistas na função, recebem tarefas nas reuniões de projeto e não conseguem resolvê-las por completo, posteriormente necessitam de retrabalho ou não atendem o objetivo das mesmas; - tarefas são realizadas sequencialmente, pois um mesmo especialista assume diversas atividades não tendo tempo para executar todas com a qualidade exigida. - há falhas na comunicação nas reuniões de projeto devido à não presença de todos os representantes das áreas funcionais nas reuniões;
12 - Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura):
- a empresa implantou uma nova linha de montagem para atender ao portfólio atual de produto e aos novos projetos que são desenvolvidos periodicamente e que foi construída com uma integração forte da engenharia de produtos com a engenharia de manufatura; - há uma área funcional que verifica toda a documentação técnica e que faz a análise de montabilidade para evitar que problemas apareçam na sua implantação. Para o caso do surgimento de problemas de projeto na manufatura, que não podem ser solucionados rapidamente, devido ao estágio avançado ou mesmo final de ferramentais de alto custo, ou mesmo equipamentos que não estão aptos para produzir o produto projetado, busca-se soluções que trazem o mínimo de retrabalhos e de iterações ou aquisição de equipamentos complementares; - para a implantação de modificações técnicas necessárias no produto são feitos testes e avaliações dos processos antes da entrada em produção normal. São recebidas as informações da engenharia e as características técnicas são discutidas em detalhes. Há uma participação intensa com o time do projeto onde a engenharia e o planejamento da manufatura têm representantes. Alguns poucos produtos, de maior complexidade, chegam na fase de implantação na produção com pequenas falhas nos seus processos ou mesmo na sua repetibilidade, porém a solução é apresentada antes da entrada definitiva em produção.
13 - Executar o leiaute de fábrica focado no produto:
- o leiaute da fábrica é focado no produto, no seu processo logístico e de montagem, onde a empresa investiu enormes recursos, remodelando toda a planta;

Quadro 15 - Informações principais captadas por prática enxuta

(continuação)

Práticas do PDP da empresa relacionadas a cada prática de PDP enxuto
13 - Executar o leiaute de fábrica focado no produto:
- a fluidez dos processos e pontos únicos de estoque bem ao lado da produção está garantida. Reduz o transporte e excesso de estoque; - a infraestrutura da empresa é bem conhecida pelos engenheiros de produto e pelos especialistas representantes das áreas funcionais. Gestores da engenharia de produto com os especialistas visitam frequentemente o ambiente produtivo para avaliar possíveis soluções para os problemas de projeto; - a linha de produção é moderna e os processos são apoiados por meio de equipamentos de alta tecnologia; - os processos logísticos foram modernizados de maneira a atenderem a chegada dos componentes fabricados internamente e externamente (importados e nacionais).
14 - Aplicar a engenharia simultânea baseada em conjuntos:
- os participantes do desenvolvimento do projeto apresentam uma possível solução e a trazem para ser avaliada pelo grupo de especialistas participantes do PDP. Se a solução fornecida apresentar falhas ou inviabilidade econômica ou técnica há um ciclo de ações para se chegar a uma solução melhorada.
15 - Utilizar ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC):
- modificações técnicas ou inclusão de novos projetos são feitos em uma ferramenta de TIC, necessária para a gestão do portfólio da empresa; - há ferramentas de tecnologia da informação e comunicação que são utilizadas para que o projeto possa fluir agilmente, como exemplo o RPLAN para o acompanhamento de todas as atividades; - existem nuvens de dados que são utilizadas para atualizar os indicadores de desempenho ou as informações do projeto; - utiliza-se uma ferramenta de TIC para registro e gerenciamento de modificações técnicas nas avaliações de montabilidade e também para solicitação e gerenciamento de todas as modificações técnicas necessárias no produto, incluindo as de qualidade; - é utilizado a ferramenta de comunicação *Skype for business* para a comunicação rápida em áudio ou vídeo conferência. Participantes do time de projetos que estão em reuniões, podem se comunicar rapidamente com outros integrantes e solicitar ou oferecer respostas para pontos que estão sendo questionados; - é utilizado um aplicativo para melhorar a comunicação entre os membros do projeto, porém é muito complexo e a sua utilização é baixa; - está em implantação um aplicativo para *smartfone* para acesso ao portal de conhecimento da empresa.
16 - Utilizar a gestão visual:
- as áreas funcionais possuem uma gestão à vista de suas metas envolvendo índices de qualidade, segurança do trabalho, crescimento tecnológico e de mercado, administrativas e de pessoal; - as metas de desenvolvimento de produto são gerais, não contemplando atividades do projeto e seus prazos; - as atividades de projeto são acompanhadas por cada gestor funcional e pelos coordenadores de equipe de projeto. É dependente de cada gestor, não sendo um processo padrão na empresa;

Quadro 15 - Informações principais captadas por prática enxuta

(continuação)

Práticas do PDP da empresa relacionadas a cada prática de PDP enxuto
16 - Utilizar a gestão visual:
- a gestão visual do projeto no geral fica disponível para os envolvidos no projeto, porém apenas o grupo funcional de projeto responsável pela industrialização a utiliza de forma constante; - as pendências e os cronogramas de aplicação são apresentados para a equipe de projeto por meio de reuniões de alinhamento e de revisão técnica de projetos e depois distribuídos para os envolvidos, sendo sua atualização feita pelos gestores de cada equipe.
17 - Envolver a alta administração:
- os projetos são constantemente apresentados à média e alta liderança para que eles acompanhem o seu andamento e tomem ciência da existência de possíveis desvios nos prazos que possam comprometer o atendimento aos clientes, para avaliações globais de desempenho no mercado, tomadas de decisão sobre o desenvolvimento dos novos produtos, priorizações e ações especiais (*taskforce*), passagem nos portais de qualidade, alocação de recursos financeiros conforme necessidade, além da continuação ou não de alguns deles. - são feitos testes em estradas onde a alta liderança toma parte, conduzindo os veículos e fornecendo sua avaliação.
18 - Padronizar os processos e melhorá-los continuamente:
- cada área participante do PDP tem seus processos e métodos de trabalho registrados no portal de conhecimento da empresa e são atualizados periodicamente quando sofrem modificações ou mesmo devido a auditorias ou para atender requisitos de conformidade (*compliance*); - registrar o que se faz e fazer o que está registrado, além de praticar a melhoria contínua desses processos é uma rotina na empresa; - há um processo de desenvolvimento de produtos geral do grupo, conhecido na empresa e que sofre atualizações ou melhorias periódicas; - a empresa possui vários processos padronizados dentro do processo de desenvolvimento de produtos que fazem as interações entre as áreas, para a execução de determinadas tarefas. Exemplos: processo de solicitação e gestão de alterações de modificações no produto; processo de gestão de solução de problemas de desenvolvimento; processo de solicitação de peças para protótipos.
19 - Utilizar a prototipagem rápida, simulação e teste nos projetos:
- a simulação virtual é utilizada para avaliar a viabilidade de montagem técnica de produtos; - após a aprovação de montagem virtual é utilizada a prototipagem rápida para avaliações de montagem física; - os protótipos físicos são fabricados para avaliações funcionais e de durabilidade; - os testes são feitos de maneira a atingir padrões de qualidade exigidos pela norma dos países onde os veículos serão comercializados e a quantidade de protótipos e sua utilização é avaliada constantemente sendo otimizada de acordo com as necessidades de mitigação das incertezas dos componentes e conjuntos.

Quadro 15 - Informações principais captadas por prática enxuta

(conclusão)

Práticas do PDP da empresa relacionadas a cada prática de PDP enxuto
20 - Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos:
- o gerente de projetos coordena reuniões com os gestores das áreas envolvidas com o desenvolvimento de produtos e faz avaliações constantes dos problemas encontrados e avalia se interferem com o início de produção; - os projetos recebem uma nova prioridade conforme necessidade do mercado, problemas de qualidade, legislação, capacidade dos fornecedores de entrega dos componentes, montabilidade ou maturidade; - projetos que não são prioritários podem ser colocados em espera, para serem reativados num momento mais adequado de implantação.
21 - Aplicar o nivelamento da carga de trabalho:
- existem vários projetos de produto competindo entre si pelos mesmos recursos; - a duração na utilização dos recursos não é previsível devido às incertezas provenientes dos problemas surgidos durante o desenvolvimento dos projetos; - são feitas diversas ações especiais (*taskforces*) para atender os prazos devido a novas priorizações, ao mesmo tempo que precisam atender as necessidades de outros projetos que estão chegando e sendo priorizados; - os projetos são implantados na série em etapas, porém demandam ações de correção, utilização de peças retrabalhadas pelo fornecedor que não conseguiu atender às novas priorizações e postergações, além de modificações solicitadas pela manufatura; - é utilizada a prática de flutuação da mão de obra por algumas áreas, adequando o momento da necessidade ao atendimento da demanda de serviço.
22 - Fazer a gestão da variedade do produto aplicando a modularidade e racionalização:
- um integrante da alta gerência coordena a unificação de itens, fazendo parte de um projeto com prazo determinado de conclusão de unificação de componentes; - a modularidade é feita em pequena escala; - o portfólio de produtos disponíveis é muito diversificado; - a racionalização de itens depende de projetos de iniciativas pontuais e com prazo determinado;
23 - Utilizar os portais de estágios mais ágeis, adaptados e acelerados (*Stage-Gates*):
- a empresa faz a gestão dos projetos utilizando o sistema de portais, denominado de portais da qualidade; - as atividades a serem cumpridas e entregues são padronizadas, com critérios claros e consistentes de passa/não passa e em sequência; - há uma versão simplificada de portais da qualidade para projetos pequenos; - está sendo iniciado um projeto para agilizar o processo de desenvolvimento de produtos e tornar as decisões mais rápidas.

Fonte: Autor.

APÊNDICE C – QUADRO DE ANÁLISE DA ADERÊNCIA DAS PRÁTICAS DA EMPRESA ÀS PRÁTICAS ENXUTAS

Quadro 16 - Análise da aderência das práticas do PDP da empresa às práticas enxutas

(Continua)

Análise da aderência da prática da empresa ao PDP enxuto
1 - Identificar e eliminar desperdícios no PDP
Embora haja iniciativas para se melhorar e agilizar o PDP da empresa, ainda não é observada a prática rotineira de se identificar e eliminar os desperdícios em seus processos para trazer ganhos ao PDP, além disso, os participantes necessitam de treinamento para reconhecerem os desperdícios típicos de PDP, para poderem eliminar os desperdícios aplicando as melhorias necessárias. Portanto, as práticas apontadas não têm aderência ao PDP enxuto.
2 - Fazer e atualizar o mapeamento do fluxo de valor e melhoria contínua
Apesar de ter um vasto conhecimento na ferramenta mapeamento do fluxo de valor (VSM – *Value Stream Mapping*), a empresa aplica-a rotineiramente somente no ambiente da manufatura e no planejamento da fábrica. Para ser aderente ao PDP enxuto, seria necessário que as áreas envolvidas com o PDP aplicassem uma ferramenta para identificar desperdícios em seus processos e a melhoria contínua rotineiramente, com atualizações periódicas por meio de p. ex., um *KAIZEN*. Portanto, mesmo com a aplicação isolada de um mapeamento do fluxo de valor (VSM – *Value Stream Mapping*) no processo de pequenos projetos e a constatação de algumas melhorias aplicadas no processo de desenvolvimento de projetos pequenos, conclui-se que esta prática não possui aderência ao PDP enxuto.
3 - Utilizar ferramentas de redução de custo
A empresa utiliza as ferramentas de custo objetivo e análise de valor de forma intensa, pois possui a cultura de redução de custos no produto, além de uma área específica para fazer estes cálculos. Também faz análises de *make or buy* (confeccionar internamente o componente ou terceirizá-lo) e *benchmarking* constantemente. Estas práticas apresentam aderência ao PDP enxuto.
4 - Envolver o cliente desde o início do projeto
A empresa tem um foco muito grande no cliente que é envolvido diretamente e indiretamente com o PDP desde o início. Há ferramentas de captação das necessidades do cliente que são aplicadas no produto, atendendo a qualidade exigida, diminuindo o tempo de disponibilização no mercado e agregando, desta forma, valor para o cliente final. Dentro da empresa também se pratica o estabelecimento de acordos na prestação de serviços entre os envolvidos com o PDP, assim como é feito nas áreas de manufatura. São feitas análises de mercado e ações dentro do PDP para atendimento ao cliente. Aumenta sua satisfação e consequentemente a participação de mercado, portanto esta prática tem aderência ao PDP enxuto.
5 - Integrar o fornecedor no início do projeto
A integração do fornecedor no desenvolvimento do produto da empresa não ocorre facilmente e quando ela existe é apenas para alguns deles. Para esses poucos, quando necessário, a empresa auxilia na melhoria dos seus processos o que cria um relacionamento mais longo, de confiança e com agregação de valor para ambos. O desenvolvimento de itens críticos ainda é mantido no desenvolvimento da própria empresa e o fornecedor participa em momentos mais avançados no PDP. Há uma quantidade muito grande de fornecedores na base e o padrão de escolha é sempre para o preço mais baixo, sendo que não é constatada uma parceria nas negociações, pois exigem acertos de preços em caso de modificações efetuadas no produto, mesmo sendo simples e sem

Quadro 16 – Análise da aderência das práticas do PDP da empresa às práticas enxutas

(continuação)

Análise da aderência da prática da empresa ao PDP enxuto
5 - Integrar o fornecedor no início do projeto
custo de alteração de ferramental. A abordagem enxuta, por sua vez, traz uma ênfase no relacionamento com o fornecedor, com uma quantidade menor na base e com uma relação mais duradoura e integrada. Portanto, seria necessária uma integração maior deles no PDP, participando ativamente das discussões de prazo e qualidade no processo de desenvolvimento, para trabalhar já no estágio inicial, ainda na fase de conceito, e próximo aos engenheiros de produto. Observa-se aderência ao PDP enxuto nesta prática pelo relacionamento com alguns dos fornecedores.
6 - Indicar gerente forte de projeto ou engenheiro chefe
A empresa indicou um gerente forte de projeto para conduzir projetos grandes e um gerente sênior para todos os projetos menores, além de colocar um gerente sênior do trem de força e um engenheiro sênior na engenharia de produto para apoio. Eles possuem os conhecimentos necessários em custos e gestão para exercer essa função e ainda possuem uma equipe de especialistas para auxiliá-los nas tarefas integrando as áreas funcionais. São responsáveis pela condução dos projetos, para atender os clientes em suas expectativas, prazos de implantação e questões financeiras. O engenheiro sênior no desenvolvimento detém o conhecimento técnico necessário e assume as decisões sobre a tecnologia a ser utilizada no produto e sobre o projeto. Considerando a prática apresentada pela empresa, que faz somente adaptações dos projetos desenvolvidos pela matriz, conclui-se que ela possui aderência ao PDP enxuto.
7 - Utilizar-se da estrutura organizacional adequada ou estrutura forte de equipe
A empresa apresenta uma estrutura organizacional de projeto para dar apoio aos gerentes de projeto e utiliza a matricial nas áreas funcionais. Há um grande comprometimento com os projetos, sendo que os gerentes sêniores das áreas funcionais prestam serviços para o projeto dando apoio total nas atividades necessárias do PDP caracterizando uma estrutura matricial balanceada, que é uma mistura da estrutura forte de projeto e a fraca. Ela é a mais adequada para as necessidades da empresa, que aplica modificações ou adaptações de projetos provenientes da matriz alemã, apresentando, portanto, aderência às práticas enxutas.
8 - Utilizar o especialista (foco no conhecimento)
Considerando a abordagem enxuta, onde o especialista possui uma experiência específica que foi adquirida e desenvolvida numa área com especialistas no mesmo campo de atuação, que exige uma transferência contínua deste conhecimento de um especialista para outro e a manutenção dele na sua área por um período longo, dando a ele uma possibilidade de crescimento técnico bem maior, observou-se que a prática apresentada pela empresa não possui aderência ao PDP enxuto, pois permite a saída do especialista por motivo de crescimento pessoal e não se preocupa com a retenção do conhecimento no desenvolvimento de produtos.
9 - Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade
O planejamento das atividades do projeto é feito com base em um planejamento macro com prazos principais e os mais críticos e os engenheiros constroem seu planejamento detalhado, reportando ao gerente de projeto se os

Quadro 16 - Análise da aderência das práticas do PDP da empresa às práticas enxutas

(continuação)

Análise da aderência da prática da empresa ao PDP enxuto
9 - Efetuar o planejamento e controle baseado em responsabilidade
prazos são factíveis ou não, renegociando em caso de não serem factíveis, que é justamente o que a prática enxuta objetiva. Esta prática, portanto, apresenta aderência à prática do PDP enxuto.
10 - Fazer a transferência de conhecimento entre projetos (Lições aprendidas)
A prática de se fazer a captura e transferência de conhecimento entre um projeto e outro é feita para projetos grandes. Algumas soluções são repetitivas entre os projetos e são utilizadas adequadamente para que o projeto seguinte não apresente os mesmos problemas. É utilizada uma ferramenta para armazenar e atualizar as boas práticas, cujo acesso é fácil para a equipe do gerente do projeto. A prática enxuta aponta para a necessidade de se fazer essa transferência de conhecimento, portanto ela é aderente ao PDP enxuto.
11 - Utilizar a engenharia simultânea ou a integração de atividades funcionais
Equipes multifuncionais trabalham no projeto, com reuniões rotineiras, porém não se identifica a presença contínua da manufatura trabalhando de forma integrada nesses times e observa-se a falta dos representantes das áreas funcionais, o que torna a integração mais difícil. Os trabalhos são feitos na maioria das vezes em forma sequencial, pois um depende do outro para realizar suas tarefas. Mesmo apresentando esses problemas, pode-se concluir que esta prática tem aderência ao PDP enxuto, pois tem uma proposta de trabalho das equipes em paralelo e com as áreas envolvidas no PDP desde a fase inicial do projeto. Apesar de ser divulgada pela empresa como sendo praticante da engenharia simultânea, ela ainda não está inserida na corporação de forma consolidada.
12 - Executar o projeto para a manufatura e montagem (integração entre engenharia e manufatura)
Uma das premissas da abordagem enxuta é executar o projeto para a manufatura e montagem com uma integração entre a engenharia de produto e a manufatura para evitar retrabalhos de ferramentais. Na empresa foi construída uma linha nova de montagem de produtos que atende os aspectos do produto e logísticos. Houve uma integração muito forte da engenharia de manufatura com a engenharia de produto para que isso se tornasse realidade. Além disso, os produtos novos em implantação têm o mesmo direcionamento. Com base nessas observações podemos concluir que esta prática tem aderência ao PDP enxuto.
13 - Executar o leiaute de fábrica focado no produto
Foram aplicados conceitos modernos de logística nos leiautes da fábrica, onde foi constatada uma integração das áreas de projeto com a preparação de leiaute da fábrica, os problemas foram resolvidos ainda na fase de desenvolvimento e as ações de correção foram implantadas com sucesso. Portanto, a prática apresentada pela empresa tem aderência ao PDP enxuto.
14 - Aplicar a engenharia simultânea baseada em conjuntos
A abordagem enxuta, engenharia simultânea baseada em conjuntos, propõe o início de projeto com uma maior quantidade de soluções possíveis que são estudadas e testadas paralelamente em seus detalhes e os engenheiros exploram os modos de falha e mitigam os riscos, apenas quando foi provado que a solução não é viável é que ela é removida. A solução definitiva é testada e aprovada em todos os aspectos. Ao contrário da prática

Quadro 10 - Análise da aderência das práticas do PDP da empresa às práticas enxutas

(continuação)

Análise da aderência da prática da empresa ao PDP enxuto
14 - Aplicar a engenharia simultânea baseada em conjuntos
apresentada na empresa, onde se utiliza a solução única e de forma sequencial, que conduz à conclusão de que ela não apresenta aderência ao PDP enxuto.
15 - Utilizar ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)
A literatura apresenta várias ferramentas enxutas que podem ser utilizadas para uma melhor comunicação em tempo real do time de projetos. Observa-se que a empresa se utiliza de uma grande parte delas, pois investe intensamente nesta área, tendo o apoio de uma empresa terceirizada para auxiliar na implantação de ferramentas necessárias para fazer a comunicação e a informação fluírem agilmente. Conclui-se que há aderência à prática enxuta.
16 - Utilizar a gestão visual
A gestão da informação do projeto na empresa existe e é apresentada de duas formas, virtual e física, porém o acesso a elas não é simples e de fácil visualização e sua atualização também não é divulgada de forma simples e eficaz com a prática enxuta afirma. É necessário o acesso aos diversos arquivos contendo as atividades a serem realizadas, informações e pendências para dar continuidade ao projeto. Apesar disso, observa-se aderência ao PDP enxuto, necessitando, no entanto, de ações para padronizá-la, utilizá-la de forma eficiente e extrair o melhor da sua aplicação.
17 - Envolver a alta administração
Os gerentes de projeto apresentam periodicamente a situação dos projetos em andamento, sendo tomadas várias decisões sobre sua continuação ou não. Há uma participação ativa da alta liderança nos projetos, inclusive participando de testes de produto e clínicas com os clientes. Esta prática apontada pela empresa tem aderência ao PDP enxuto.
18 - Padronizar os processos e melhorá-los continuamente
A abordagem enxuta recomenda identificar tarefas recorrentes e padronizá-las para ajudar a reduzir a variabilidade nos resultados e diminuir erros. Ela serve como base para a melhoria contínua dos processos. A empresa utiliza desta padronização em todos os processos de desenvolvimento, tanto naqueles que tem uma integração entre as áreas do conhecimento quanto aqueles que objetivam a organização das tarefas da própria área. Desta forma, observa-se aderência da prática apresentada ao PDP enxuto.
19 - Utilizar a prototipagem rápida, simulação e teste nos projetos
Na abordagem enxuta é importante o fornecimento de feedback rápido aos engenheiros das ideias e soluções apresentadas no desenvolvimento de novos produtos. A utilização da prototipagem rápida, simulações e testes cumprem este papel perfeitamente. Na empresa foi observada a utilização de todas elas e de maneira que impedisse a construção de protótipos físicos sem antes ter a certeza de que são viáveis tecnicamente e construídos na quantidade necessária, além de utilizar técnicas enxutas da manufatura para produzi-los. Conclui-se, portanto, que estas práticas têm aderência ao PDP enxuto.

Quadro 16 – Análise da aderência das práticas do PDP da empresa às práticas enxutas

(continuação)

Análise da aderência da prática da empresa ao PDP enxuto
20 - Fazer a gestão e otimização do portfólio de projetos
A prática enxuta aponta para a necessidade de se fazer um balanceamento dos projetos em implantação de acordo com a estratégia da empresa e permitir uma nova priorização dos que são críticos ou necessários devido a algum fator de qualidade ou legislação, maximizando o valor oferecido por eles e fazendo a alocação de recursos nos projetos corretos. A relação dos projetos deve ser constantemente revisada e atualizada para que os recursos possam ser realocados e alguns projetos possam ser acelerados conforme necessidade ou cancelados, se não oferecerem ganhos financeiros. A empresa apresenta práticas que são aderentes às práticas enxutas, analisando os projetos em implantação e colocando uma nova prioridade em caso de necessidade, antecipando ou postergando os projetos, e mantém aqueles que são viáveis tecnicamente e necessários para o cliente, além disso, a análise de viabilidade econômica é feita para todos os projetos, fazendo parte da decisão de se mantê-los ou não.
21 - Aplicar o nivelamento da carga de trabalho
Em um ambiente de incertezas como é o do desenvolvimento de produtos é necessário que as atividades e os recursos sejam constantemente avaliados, claramente priorizados, sincronizados e executados. Para isso, o gerenciamento deve ser apoiado por uma programação detalhada e um planejamento de capacidade a nível de projeto. Em caso de restrições de capacidade deve haver uma flexibilização da mão de obra ou capacidade extra disponível. No caso da empresa avaliada, há uma ocorrência elevada de novos projetos, que concorrem entre si, e que são antecipados por necessidade de legislação ou são dadas novas prioridades devido à falta de recursos materiais, tornando sua administração mais difícil. Há uma implantação periódica dos projetos com datas previamente determinadas, sendo que estas situações demandam uma atenção enorme das áreas envolvidas para se adequar a esses novos planejamentos com os recursos disponíveis, necessitando do nivelamento da sua capacidade. Embora se note a aderência com a prática enxuta, a implantação excessiva de projetos diminui os efeitos positivos que ele oferece.
22 - Fazer a gestão da variedade do produto aplicando a modularidade e racionalização
A proposta da prática enxuta é fazer o uso de componentes modulares e reutilizar peças sempre que não forem consideradas críticas para o projeto, racionalizando o que for possível ainda nas fases iniciais do projeto. Apesar de ser feita uma gestão pontual da unificação de itens, isso não é feito no início do desenvolvimento do projeto, dando-se uma importância maior à conclusão do projeto e sua implantação na produção deixando-se a unificação para ser feita posteriormente quando o produto já se encontra em série, provocando desperdícios em recursos materiais. A modularidade é feita em baixa escala, pois há uma grande opção de variações de produtos no mercado dificultando a aplicação da prática na medida necessária. Apesar disso, observa-se que a prática da empresa tem aderência à prática enxuta.
23 - Utilizar os portais de estágios (*Stage-Gates*) mais ágeis, adaptados e acelerados
A prática do *Stage Gate* em si não é considerada enxuta, mas tornar o sistema de estágios mais flexível e adaptável ao contexto do projeto, com critérios de passa não passa menos rígidos e mais eficazes, torná-lo mais

Quadro 16 – Análise da aderência das práticas do PDP da empresa às práticas enxutas (conclusão)

Análise da aderência da prática da empresa ao PDP enxuto
23 - Utilizar os portais de estágios (*Stage-Gates*) mais ágeis, adaptados e acelerados
ágil dividindo o desenvolvimento em partes com o mínimo de planejamento e fazendo entregas conforme metas previamente acordadas e em tempos reduzidos, além de acelerar a implantação de projetos fazendo atividades ocorrerem em paralelo, utilizando times dedicados ou antecipando os desafios, faz com que a prática seja considerada enxuta. As práticas apresentadas pela empresa não possuem indícios que levam a concluir sobre sua aderência ao PDP enxuto.

Fonte: Autor.

ANEXO A – TABELA COM LICENCIAMENTO TOTAL DE ÔNIBUS E CAMINHÕES POR EMPRESA

Tabela 1 – Licenciamento total de ônibus e caminhões por empresa

Unidades	2018												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Ano
Caminhões - Total por empresa	**4.561**	**4.040**	**5.932**	**6.163**	**5.626**	**5.703**	**6.591**	**7.456**	**-**	**-**	**-**	**-**	**46.072**
Empresas associadas à Anfavea	**4.558**	**4.036**	**5.929**	**6.158**	**5.623**	**5.699**	**6.587**	**7.454**	**-**	**-**	**-**	**-**	**46.044**
Agrale	6	4	4	4	6	5	1	5	-	-	-	-	35
Caoa	1	-	-	2	9	2	3	2	-	-	-	-	19
DAF	105	119	151	179	138	145	275	270	-	-	-	-	1.382
FCA (Dodge)	25	21	17	40	70	79	48	86	-	-	-	-	386
Ford	574	415	682	773	748	785	845	848	-	-	-	-	5.670
International	-	-	-	1	-	1	2	1	-	-	-	-	5
Iveco	285	115	163	220	178	182	319	281	-	-	-	-	1.743
MAN	1.297	1.300	1.605	1.608	1.471	1.504	1.850	1.839	-	-	-	-	12.474
MAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volkswagen Caminhões e Ônibus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mercedes-Benz	1.391	1.098	1.622	1.660	1.523	1.397	1.678	2.026	-	-	-	-	12.395
Scania	498	549	695	723	672	778	614	864	-	-	-	-	5.393
Shacman	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volvo	376	415	990	948	808	821	952	1.232	-	-	-	-	6.542
Outras empresas	**3**	**4**	**3**	**5**	**3**	**4**	**4**	**2**	**-**	**-**	**-**	**-**	**28**
Ônibus (chassi)	**848**	**871**	**1.039**	**926**	**980**	**909**	**1.844**	**1.568**	**-**	**-**	**-**	**-**	**8.985**
Empresas associadas à Anfavea	**821**	**862**	**1.015**	**914**	**968**	**906**	**1.833**	**1.564**	**-**	**-**	**-**	**-**	**8.883**
AGRALE	136	99	131	129	122	148	127	170	-	-	-	-	1.062
INTERNATIONAL	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
IVECO	11	17	12	21	9	36	479	201	-	-	-	-	786
MAN (VOLKSWAGEN CAMINHÕES)	136	184	113	106	216	184	297	220	-	-	-	-	1.456
MERCEDES-BENZ	498	509	625	585	524	477	792	868	-	-	-	-	4.878
SCANIA	33	23	71	45	73	38	106	70	-	-	-	-	459
VOLVO	7	30	63	28	24	22	32	35	-	-	-	-	241
Outras empresas	**27**	**9**	**24**	**12**	**12**	**3**	**11**	**4**	**-**	**-**	**-**	**-**	**102**

Fonte: ANFAVEA, 2018.