

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**FERNANDA CAMPOS BUENO**

**CONTRIBUIÇÕES DO DFMEA NA INTEGRAÇÃO ENTRE  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E ENGENHARIA DA  
QUALIDADE: CASOS EM EMPRESAS DE GRANDE PORTE**

**São Carlos  
2018**

**FERNANDA CAMPOS BUENO**

**CONTRIBUIÇÕES DO DFMEA NA INTEGRAÇÃO ENTRE DESENVOLVIMENTO  
DE PRODUTOS E ENGENHARIA DA QUALIDADE: CASOS EM EMPRESAS DE  
GRANDE PORTE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Toledo

**São Carlos  
2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

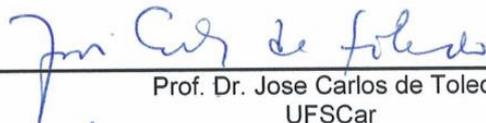
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

---

**Folha de Aprovação**

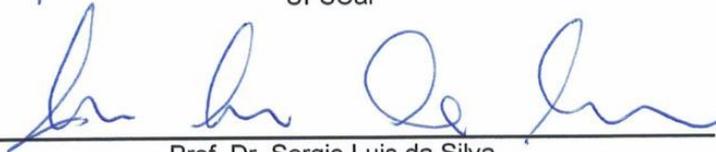
---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Fernanda Campos Bueno, realizada em 06/03/2018:



---

Prof. Dr. Jose Carlos de Toledo  
UFSCar



---

Prof. Dr. Sergio Luis da Silva  
UFSCar



---

Prof. Dr. Daniel Capaldo Amaral  
USP

*Dedico este trabalho ao meu pai Arlan, à minha mãe Jucélia e ao meu querido irmão Pedro Ivo pela compreensão, amor, inestimável apoio, por serem meu alicerce e, acima de tudo, fé.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela presença constante, por me fortalecer a cada dia e possibilitar concluir mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais Arlan e Jucélia, pelo incentivo, entendimento, paciência, apoio e principalmente, pelas renúncias em suas vidas para me proporcionar tudo que precisei. Ao meu irmão Pedro Ivo pela amizade, compreensão, lealdade e momentos de força concedidos. Obrigada pela fé e por todas as palavras de apoio.

Ao meu namorado Gustavo, pelo companheirismo, compreensão em todos os momentos, por me incentivar, estar sempre ao meu lado e me fazer acreditar.

À minha família de São Carlos, pelo apoio, carinho, preocupação e generosidade. Especialmente à minha vó Maria que foi mais que uma mãe para mim. Como sou grata!

Ao meu orientador Prof. Dr. José Carlos de Toledo, pelo compromisso, dedicação, paciência, inestimável confiança e singelos conselhos. Obrigada pelo convívio e exemplo de competência.

Ao Prof. Daniel Capaldo Amaral e ao Prof. Sergio Luis da Silva pelas contribuições e compartilhamento de conhecimentos, disposição em contribuir com o trabalho, profissionalismo e seriedade.

Aos docentes do PPGEP, com os quais tive a oportunidade de cursar disciplinas que contribuíram para o desenvolvimento acadêmico e profissional.

Aos meus amigos PLACOPEQ – Isabela, Luciano, Luis, Taise, Letícia, Bruno e Josy – obrigada pela convivência prazerosa, apoio, ajuda e incentivo.

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação, em especial ao Robson, pela atenção e ajuda.

Aos meus amigos e familiares pela amizade, oração, motivação e carinho nesta árdua jornada e por acreditarem em mim. Em especial à minha amiga de longa data Paula Horta pela ajuda na busca de um estudo de caso.

Aos responsáveis pelo processo de desenvolvimento de produtos e qualidade das empresas onde a pesquisa de campo foi realizada, pela atenção e disponibilidade que tornaram viáveis a execução do estudo.

À CAPES, pelo apoio às pesquisas conduzidas no país

## RESUMO

A dissertação analisa empiricamente o papel que o DFMEA (*Design Failure Mode and Effects Analysis*) exerce para a integração entre o Desenvolvimento de Produtos (DP) e a Engenharia da Qualidade (EQ), por meio de estudo de casos em empresas industriais brasileiras. Os dados foram coletados mediante entrevistas com profissionais do Desenvolvimento de Produtos e da Engenharia da Qualidade as quais se diferem na proximidade física entre os departamentos, em que uma os departamentos de DP e a EQ encontram-se co-localizados e na outra os departamentos se localizam em cidades e estados distintos. Os resultados apontam que o DFMEA é uma ferramenta da EQ fundamental para tomada de decisões do DP e exerce um papel fundamental na integração entre DP e EQ. É uma ferramenta de decisão em grupo cuja participação da EQ é imprescindível, além possibilitar que os membros das equipes trabalhem em conjunto para atingir os objetivos referentes à qualidade dos produtos. Isso foi observado nos casos ao vincularem o sistema de remuneração dos colaboradores aos índices de falhas do produto no mercado e aos custos da não qualidade. Em um dos casos a integração também é facilitada pelas atividades de DP e de EQ, e dos relatórios DFMEA serem reportados a um mesmo gestor. Algumas práticas de interação entre DP e EQ durante a execução de um DFMEA também influenciam na qualidade do produto final, tais como o uso de recursos como Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e de estruturas organizacionais como a co-localização. Apesar do avanço das TICs, a co-localização indicou ser um mecanismo relevante para melhorar a resolução de problemas devido ao detalhamento das informações e dinamismo das reuniões de falhas e soluções. Essa pesquisa é um dos poucos estudos que relatam e discutem o papel do FMEA na integração entre DP e EQ no Brasil, entretanto é limitada ao estudo comparativo de dois casos. A replicação em outras unidades de análise é necessária para validar e aprofundar as descobertas relatadas.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de produtos. Engenharia da qualidade. Integração interfuncional. DFMEA.

## ABSTRACT

This research aims to examine the role of DFMEA in the context of functional integration between Product Development (PD) and Quality Engineering (QE) through case studies in Brazilian industrial companies. Data were collected through interview with professionals in the Product Development and Quality Engineering in two companies, which their main difference is the physical proximity between departments, where one PD and QE departments are co-located and the other departments are located in different cities and states. The results indicate that DFMEA is a QE key tool for PD decision making and plays an important role in integrating PD and QE. It is a group decision tool, which participation in the QE is essential, as well as enabling the team members to work together to achieve goals towards the quality of the product. This was observed in cases when linking the compensation system of employees to the indices of product failures in the market and the costs of non-quality. In one of the cases the integration is also facilitated by PD and QE activities, and the DFMEA reports are reported to the same manager. Some practices of interaction between PD and QE during the execution of a DFMEA also influence the quality of the final product, such as the use of resources such as Information and Communication Technologies (ICTs) and organizational structures such as co-location. Despite the improvement of ICTs, co-location has indicated that it is a relevant mechanism to improve problem solving due to detailed information and dynamism of meeting failures and solutions. This research is one of the few studies that report and discuss the role of FMEA in the integration between PD and QE in Brazil, however it is limited to the comparative study of two cases. Replication in other units of analysis is required to validate and deepen the findings reported.

Key words: Product development. Quality engineering. Functional integration. DFMEA.

## Lista de Figuras

Figura 1 – Estruturação lógica da pesquisa _____	19
Figura 2 – Estrutura do desenvolvimento do trabalho _____	20
Figura 3 – Condução do estudo de caso _____	23
Figura 4 – Fases e etapas da pesquisa _____	24
Figura 5 – Estrutura do conteúdo do capítulo 3 (Revisão da Literatura) _____	28
Figura 6 – Modelo de Integração Interfuncional _____	30
Figura 7: Perspectiva organizacional _____	34
Figura 8 - Tipos de estruturas organizacionais _____	35
Figura 9: Perspectiva dos recursos _____	39
Figura 10: Perspectiva das ferramentas para integração _____	42
Figura 11 - Modelo do PDP _____	47
Figura 12 - Dimensões da interface entre grupos funcionais _____	48
Figura 13 – Áreas de atuação da gestão da qualidade _____	51
Figura 14 – Problemas de qualidade no PDP _____	52
Figura 15 - Integração entre DP e Engenharia da Qualidade _____	55
Figura 16 - Framework de integração entre DP e FMEA _____	62
Figura 17 – Integração dos tipos de FMEA ao longo do desenvolvimento de produtos _____	62
Figura 18 – Típico formulário de FMEA e principais informações que são inseridas no formulário. _____	64
Figura 19 – Mecanismos de integração em relação à perspectiva organizacional, dos recursos e das ferramentas para integração _____	67

## Lista de Quadros

Quadro 1 – Resumo das fases, etapas e resultados da pesquisa _____	27
Quadro 2 – Definições sobre integração interfuncional _____	29
Quadro 3: Estratificação da integração por níveis: estratégico, tático, operacional e pessoal	31
Quadro 4 – Classificação dos níveis de integração _____	32
Quadro 5 – Escala para Severidade, Frequência e Detecção (nível 1 – 10) _____	64
Quadro 6 – Forças e fraquezas do FMEA _____	66
Quadro 7 – Caracterização da empresa A _____	68
Quadro 8 – Principais atividades realizadas pela Engenharia da Qualidade durante o DP da empresa A _____	72
Quadro 9 – Práticas gerais de integração entre o DP e a Engenharia da Qualidade da empresa A _____	75
Quadro 10- Caracterização da empresa B _____	79
Quadro 11 – Principais atividades realizadas pela Engenharia da Qualidade durante o DP da empresa B _____	82
Quadro 12 – Práticas gerais de integração entre o DP e a Engenharia da Qualidade da empresa B _____	84
Quadro 13 – Práticas específicas da EQ no DP de cada caso _____	89
Quadro 14 – Práticas gerais de integração entre EQ e EP e ambos os casos _____	92
Quadro 15 – Práticas de integração entre EP e EQ dos casos, estratificadas por níveis. ____	95
Quadro 16 – Comparação entre as práticas de integração identificadas na literatura e análise dos casos _____	99

## Lista de Abreviaturas e Siglas

<b>APQP</b>	<i>Advanced Planning for Product Quality</i>
<b>CQMS</b>	<i>Collaborative Quality Management System</i>
<b>CRM</b>	<i>Customer Relationship Management</i>
<b>DP</b>	Desenvolvimento de Produtos
<b>EP</b>	Engenharia do Produto
<b>EQ</b>	Engenharia da Qualidade
<b>ERP</b>	<i>Enterprise Resource Planning</i>
<b>FMEA</b>	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
<b>IPD</b>	<i>Integrated Product Development</i>
<b>NPR</b>	Número de Prioridade de Risco
<b>PDP</b>	Processo de Desenvolvimento de Produtos
<b>PPAP</b>	Processo de Aprovação de Peças de Produção
<b>P&amp;D</b>	Pesquisa e Desenvolvimento
<b>QFD</b>	<i>Quality Function Deployment</i>
<b>TI</b>	Tecnologia da Informação
<b>TICs</b>	Tecnologias da Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA .....	16
1.3 OBJETIVO .....	18
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
<b>2 MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>20</b>
2.1 ABORDAGEM DE PESQUISA .....	21
2.2 ESCOLHA DO MÉTODO .....	22
2.3 FASES E ETAPAS DA PESQUISA.....	24
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>27</b>
3.1 INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL .....	28
3.1.1 <i>Práticas de integração interfuncional</i> .....	32
3.1.2 <i>Perspectivas da integração interfuncional</i> .....	33
3.1.2.1 Perspectiva organizacional.....	34
3.1.2.2 Perspectiva dos recursos .....	39
3.1.2.3 Perspectiva das ferramentas para a integração .....	41
3.1.3 <i>Barreiras da integração interfuncional</i> .....	44
3.2 INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	46
3.3 INTEGRAÇÃO ENTRE O DP E A ENGENHARIA DA QUALIDADE.....	50
3.3.1 <i>Atividades interdependentes entre o DP e a Engenharia da Qualidade</i> .....	55
3.3.1.1 Fases iniciais – projeto informacional e projeto conceitual .....	58
3.3.1.2 Fase intermediária – projeto detalhado (protótipo) .....	59
3.3.1.3 Fases finais – preparação da produção e lançamento do produto .....	60
3.3.2 <i>DFMEA – Design Failure Mode and Effects Analysis</i> .....	61
3.3.2.1 <i>Uso do DFMEA</i> .....	63
3.4 RESUMO DO CAPÍTULO .....	67
<b>4 ESTUDO DE CASOS .....</b>	<b>68</b>
4.1 CASO A .....	68
4.1.1 <i>Apresentação da empresa e do PDP</i> .....	68
4.1.2 <i>Práticas de integração entre DP e Engenharia da Qualidade da empresa A</i> .....	69
4.1.2.1 <i>Uso do DFMEA</i> .....	75
4.1.3 <i>Problemas e Perspectivas relacionados a integração entre DP e EQ na empresa A</i> .....	77

4.2 CASO B .....	79
4.2.1 Apresentação da empresa e do PDP.....	79
4.2.2 Práticas de integração entre DP e a Engenharia da Qualidade da empresa B.....	80
4.2.2.1 Uso do DFMEA.....	85
4.2.3 Problemas e perspectivas relacionados à integração entre DP e EQ na empresa B.....	87
4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CASOS.....	89
4.3.1 Uso do DFMEA para integração entre o DP e a EQ .....	96
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE A – CARTA CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA.....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA.....</b>	<b>112</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o contexto do trabalho, com as principais argumentações e justificativas que dão origem ao problema de pesquisa, os objetivos e a estrutura da dissertação.

## 1.1 Contextualização

Com a contínua inovação tecnológica, o ciclo de vida dos produtos no mercado está sendo reduzido, os clientes estão cada vez mais exigentes e as empresas concorrentes lançam produtos novos frequentemente, tentando torná-los mais atrativos, criando um ambiente competitivo e a necessidade de desenvolvimento contínuo de novos produtos. Assim, o sucesso de uma organização está diretamente ligado à capacidade de inovação, de desenvolver novos produtos e de entregá-los dentro dos padrões de qualidade esperados (JING; YANG, 2009; TULI; SHANKAR, 2014; BAUER et al., 2014; BAI et al., 2017).

A qualidade do produto é uma característica que distingue uma empresa de seus concorrentes e é formada ao longo de todo o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) (KOCH et al., 2013; BADIRU, 2014; KURNIATI; YEH; LIN, 2015; LUNDGREN; HEDLIND; KJELLBERG, 2015). A maioria das falhas de novos produtos normalmente se originam durante os estágios de desenvolvimento e cerca de 80% das falhas são frequentemente detectadas tardiamente, isto é, nas últimas fases do processo de desenvolvimento ou quando o produto já se encontra no mercado, o que torna os problemas de qualidade mais complexos ou mesmo incapazes de serem corrigidos (ZHENG; LIU; MCMAHON, 2010; JIANG et al., 2012; BADIRU, 2014). Os problemas de qualidade nos estágios iniciais do desenvolvimento impactam a qualidade das fases posteriores (JING; YANG, 2010) e a tendência crescente de *recalls* de produtos é decorrente de implicações da qualidade na fase de concepção do produto (BADIRU, 2014).

Muitos *recalls* podem ser evitados por meio de medidas preventivas oriundas do sistema de gestão da qualidade (HUO; ZHAO; LAI, 2014) e a Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA) é considerada uma das principais ferramentas da Engenharia da Qualidade para assegurar e melhorar a qualidade do produto, a confiabilidade e identificar e reduzir riscos e falhas durante o desenvolvimento do produto (STAMATIS, 2003; LODGAARD et al., 2011; PRAJAPATI, 2013), tornando-se crucial para prevenção de produtos defeituosos a serem

produzidos e/ou comercializados, além de permitir verificar e analisar as causas das não conformidades (PACIAROTTI; MAZZUTO; D'ETTORRE, 2014).

A integração interfuncional também é considerada uma das maneiras pelas quais as empresas respondem às pressões competitivas e consiste em um conjunto de atividades de interação e de colaboração entre os membros na busca de um objetivo comum (KAHN, 1996), isto é, a comunicação e a colaboração são elementos-chave para que pessoas de diferentes departamentos compartilhem informações, dividam o trabalho de maneira eficaz e se ajudem mutuamente (LEENDERS; WIERENGA, 2002; ENG; OZDEMIR, 2014; MONTOYA-TORRES; ORTIZ-VARGAS, 2014). Assim, uma equipe que considera os requisitos de qualidade como uma condição essencial assegura vantagem competitiva significativa (FLYNN; FLYNN 2005; TANG; WANG; WANG, 2007; SRINIVASAN, A., KUREY, B., 2014).

Diferentes estudos distinguiram práticas<sup>1</sup>, sistemas ou mecanismos<sup>2</sup> de integração interfuncional para superarem as barreiras da integração. O FMEA é considerado um desses mecanismos assim como o QFD (*Quality Function Deployment*), o modelo *Stage-Gates* para desenvolvimento de produtos, uso de equipes multifuncionais, de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e de mecanismos de incentivos e recompensas, os quais buscam promover uma maior coordenação entre os departamentos, tendo em vista um melhor desempenho do desenvolvimento (GRIFFIN; HAUSER, 1996; LEENDERS; WIERENGA, 2002; ROZENFELD et al., 2006; GONZALEZ-ZAPATERO; GONZALEZ-BENITO; LANNELONGUE, 2016).

A integração entre Qualidade e Desenvolvimento de Produtos (DP) tem a capacidade de impulsionar os membros a assumirem responsabilidade pela qualidade, estimulando-os a trabalharem em cooperação com os mesmos critérios de qualidade (SHAO et al., 2006; HUO; ZHAO; LAI, 2014). A introdução de aspectos de garantia da qualidade durante o desenvolvimento, como, por exemplo, atividades de verificação e validação, aumenta a probabilidade do desenvolvimento ser bem-sucedido (ERIKSSON; MOTTE, 2013). Koch et al. (2013) acreditam que um gerenciamento da qualidade durante a fase de protótipo se dá por meio de testes, inspeções, avaliação e identificação de problemas de qualidade e de suas causas, além da execução de melhorias, que podem ser consideradas atividades interdependentes entre

---

<sup>1</sup> Neste trabalho, prática é definida como um tipo específico de atividade profissional que contribui para a execução de um processo e que pode empregar uma ou mais técnicas e ferramentas para produzir um resultado (PMI, 2013). Sua definição discorre na seção 3.1.1.

<sup>2</sup> Os mecanismos representam os processos, técnicas ou sistemas para alcançar um resultado, neste caso, alcançar a integração interfuncional e, muitas vezes, são utilizados como sinônimos de práticas. Mecanismos de integração são meios que existem para apoiar a realização da integração. Sua definição também se encontra na seção 3.1.1.

Qualidade e DP. Para Kurniati, Yeh e Lin (2015) uma maneira crucial de verificar se a qualidade do produto está em conformidade com as especificações é a realização de atividades de inspeções, as quais devem ser efetuadas em vários momentos durante o processo de desenvolvimento e de manufatura como inspeção de matérias-primas e componentes (inspeção de entrada) e inspeção final do produto acabado (inspeção de saída). Chan, Ip e Zhang (2012) e Jiang et al. (2012) acreditam que a redução dos problemas de qualidade deve ser estabelecida por meio da implementação de métodos, como o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), desde as fases iniciais do desenvolvimento do produto.

O FMEA é usado desde a década de 80 pelas principais indústrias, no entanto, praticantes e pesquisadores concordam que esta ferramenta ainda possui limitações e desafios relacionados com a obtenção eficiente de resultados satisfatórios (CHAO; ISHII, 2007; LODGAARD et al., 2011; CABANES et al., 2016; RENU et al., 2016; BANGHART, M.; BABSKI-REEVES, K.; BIAN, L., 2016). Banghart, Babski-reeves e Bian (2016) declaram que, embora o FMEA possa ser uma ferramenta eficaz para as áreas de confiabilidade e manutenção, seus resultados são muitas vezes limitados pela sua suscetibilidade a erros humanos, uma vez que é executada por um grupo de pessoas, isto é, uma equipe multifuncional que pode apresentar dificuldades nas interações entre os membros (TENG; HO, 1996; STAMATIS, 2003; CHAO; ISHII, 2007; BANGHART, M.; BABSKI-REEVES, K.; BIAN, L., 2016) em virtude das trocas de informações inconsistentes (CABANES et al., 2016; RENU et al., 2016) e acarretar discrepância nas informações de avaliação, opiniões e conhecimentos, prejudicando as análises (CHAO; ISHII, 2007; GUERRERO; BRADLEY, 2012). Além disso, em muitas empresas, a execução do FMEA é um requisito do cliente, portanto o cumprimento do mesmo pode não ser suficiente de acordo com o que promete em relação à melhoria alcançada em eficiência e confiabilidade (CHAO; ISHII, 2007; LODGAARD et al., 2011).

Diante deste contexto, surge a necessidade de identificar e analisar empiricamente o papel que o FMEA exerce sobre a integração interfuncional entre o DP e a Engenharia da Qualidade, mais especificamente o FMEA de projeto (DFMEA), que é executado nas fases iniciais do desenvolvimento, as quais são caracterizadas por diversas incertezas. Os FMEAs estão sujeitos a vieses e investigar a forma como é realizado, identificando as estratégias (técnicas, ferramentas, mecanismos, recursos) para a realização dos mesmos, é necessário (GUERRERO; BRADLEY, 2012; BANGHART, BABSKI-REEVES E BIAN; 2016). As experiências sobre o risco e análise de falhas na fase de concepção do produto (DFMEA) são raramente descritas na literatura (CHAN; IP; ZHANG, 2012; JIANG et al., 2012). Onofrio, Piccagli e Segato (2015) apontam que a literatura sobre o tema não aborda as

implicações gerenciais e práticas de suas contribuições, pelo contrário, aprofunda em um comparativo entre características abordadas na teoria e a prática.

O problema de pesquisa dessa dissertação pode ser fundamentado com a seguinte questão: O DFMEA é uma ferramenta da Engenharia da Qualidade usada para determinar potenciais modos de falha e análise de efeitos a fim de alcançar a qualidade e, portanto, impulsiona a integração entre DP e Engenharia da Qualidade? Assim, é necessário investigar como empresas lidam com a integração entre DP e Engenharia da Qualidade por meio do uso do DFMEA a fim de contribuir na superação das limitações do mesmo.

## **1.2 Justificativa**

O desenvolvimento de produtos envolve um amplo conjunto de atividades, as quais exigem a participação de várias áreas em que cada uma delas executa atividades específicas fornecendo recursos e conhecimentos necessários. Os principais desafios no desenvolvimento de novos produtos são a identificação de soluções e métodos para redução, controle e eliminação de riscos (STAMATIS, 2003). De acordo com Stamatis (2003), o foco em identificar e analisar os riscos deve-se principalmente à concorrência, ao tempo e à pressão do mercado, aos requisitos do cliente, à filosofia de melhoria contínua, à garantia e ao custo do serviço. Assim, um dos principais objetivos da análise de risco é se concentrar na prevenção de problemas, na eliminação de defeitos e na melhoria da confiabilidade.

O desenvolvimento de atividades conjuntas e de comunicação entre Engenharia da Qualidade e Desenvolvimento de Produtos auxiliam no rastreamento de falhas e na detecção de sua proveniência, melhora a compreensão das decisões operacionais e estratégicas e auxilia as áreas funcionais a alinharem os objetivos (FLYNN; ZHAO, 2015; ZHANG, 2017). Desse modo, a integração interfuncional é uma alavanca estratégica para garantir a eficiência do processo de desenvolvimento do produto, apoiando o compartilhamento de informações e envolvimento entre os membros da equipe de desenvolvimento (SONG; MONTOYA-WEISS; SCHMIDT, 1997; XIE; SONG; STRINGFELLOW, 2003; KLEINSMANN; BUIJS; VALKENBURG, 2010; CANIATO et al., 2015).

A fase de projeto é crucial para a melhoria da qualidade do produto, pois a qualidade do projeto é um fator determinante na qualidade do produto final. A redução dos problemas de qualidade nas fases iniciais do desenvolvimento, isto é, antes de iniciar a produção em escala, tem sido o foco mais importante do controle da qualidade do produto, pois além de reduzir os desvios de qualidade e a necessidade de alterações no produto, reduz também os

custos de não-conformidades durante a produção em massa (CHAN; IP; ZHANG, 2012; JIANG et al., 2012; KOCH et al., 2013, MARINI et al., 2015; LUNDGREN; HEDLIND; KJELLBERG, 2015).

Chan, Ip e Zhang (2012) propõem uma abordagem de garantia da qualidade que incorpora a análise de risco e de falhas por meio do uso do FMEA na fase de concepção do produto (FMEA de projeto – DFMEA), a fim de assegurar a qualidade do produto desde o início do desenvolvimento e facilitar as práticas na fase de fabricação. Jiang et al. (2012) também acreditam que a redução dos problemas de qualidade deve ser estabelecida na fase de projeto para que o produto atenda aos requisitos do cliente ao longo de todo o desenvolvimento por meio da implementação de métodos como QFD e FMEA e da implantação de software que permite o compartilhamento de informações da qualidade. Portanto, um monitoramento consistente da Qualidade durante o todo o processo de desenvolvimento garantirá que os produtos atendam aos requisitos definidos pelo projeto ou pelos clientes (KURNIATI; YEH; LIN, 2015; LUNDGREN; HEDLIND; KJELLBERG, 2015).

A incorporação da análise de riscos e falhas por meio da aplicação do FMEA na fase de concepção do produto (DFMEA – *Design FMEA*) pode assegurar a qualidade do produto desde o início do desenvolvimento, facilitar as práticas na fase de fabricação (CHAN; IP; ZHANG, 2012; JIANG et al., 2012), além de permitir o compartilhamento de informações sobre qualidade (JIANG et al., 2012) entre Produção, Engenharia da Qualidade e projeto de produto/processo, a fim de otimizar o produto e os processos de fabricação (ZHENG; LIU; MCMAHON, 2010).

Os FMEAs são uma função de decisão em grupo e não podem ser feitos individualmente (GUERRERO; BRADLEY, 2012). Entretanto, a realização do FMEA enfrenta grandes dificuldades nas interações sociais em razão de sua natureza qualitativa, isto é, os membros da equipe fazem uso de variáveis linguísticas (como baixo, médio, alto) para indicar a ocorrência, gravidade e detecção, podendo fornecer informações inconsistentes (CABANES et al., 2016; RENU et al., 2016). Banghart, Babski-reeves e Bian (2016) relatam que os resultados do FMEA são limitados em virtude da vulnerabilidade a erros humanos, como a experiência do membro da equipe e a quantidade e qualidade da informação disponível. A quantidade de informações fornecidas durante a realização de um FMEA influencia na qualidade do mesmo. Além disso, a formação de equipes pode apresentar um novo conjunto de problemas os quais podem incluir desafios de comunicação, pensamento de grupo, liderança ineficaz e falta de colaboração (BANGHART; BABSKI-REEVES; BIAN, 2016).

Um desenvolvimento de produto bem-sucedido requer a integração, isto é, a colaboração e comunicação entre as áreas e os membros envolvidos (CLARK; FUJIMOTO, 1991; MILLSON; WILEMON, 2002; TESSAROLO, 2007; ENG; OZDEMIR, 2014; TULI; SHANKAR, 2014; BAI et al., 2017). Do ponto de vista organizacional, a distância física entre departamentos pode diminuir a interação entre os membros das equipes (GRIFFIN; HAUSER, 1996; LEENDERS; WIERENGA, 2002; GRAY; SIEMSEN; VASUDEVA, 2015). Assim, quanto mais próximos os departamentos estiverem, maior a integração entre os mesmos, além de levar a uma melhor resolução de problemas (LEENDERS; WIERENGA, 2002; GRAY; SIEMSEN; VASUDEVA, 2015). Pela perspectiva dos recursos, as Tecnologias da Informação (TI) usadas em todo o processo de desenvolvimento de novos produtos melhoram e aceleram o envio e recebimento de informações uma vez que faz com que a equipe de desenvolvimento de produtos esteja disponível para colaborar e coordenar de qualquer lugar a qualquer hora (BANKER; BARDHAN; ASDEMIR, 2006; KWON et al., 2006; TSENG; ABDALLA; SHEHAB, 2006; REID et al., 2016) e o FMEA é considerado um mecanismo que pode ser usado para coordenar grupos de desenvolvimento que estão dispersos em organizações (GUERRERO; BRADLEY, 2012).

Contudo, ainda não há estudos que identificam e analisam práticas que podem contribuir para a integração entre o Desenvolvimento de Produtos e a Qualidade mediante a execução do DFMEA. Torna-se cada vez mais importante examinar práticas que possam potencialmente facilitar a colaboração em organizações que possuem departamentos de projeto distantes da produção de produtos (GUERRERO; BRADLEY, 2012). Há necessidade da descoberta de conhecimentos para desenvolvimento de uma técnica mais gerenciável a fim de superar as limitações ou uma melhoria da ferramenta, principalmente nas fases iniciais do desenvolvimento (DFMEA), verificando nas empresas quais práticas de integração elas adotam, uma vez que os departamentos de DP e EQ podem estar co-localizados ou não. Segundo Onofrio, Piccagli e Segato (2015), esse conhecimento pode representar uma contribuição ambiciosa, embora necessária.

### **1.3 Objetivo**

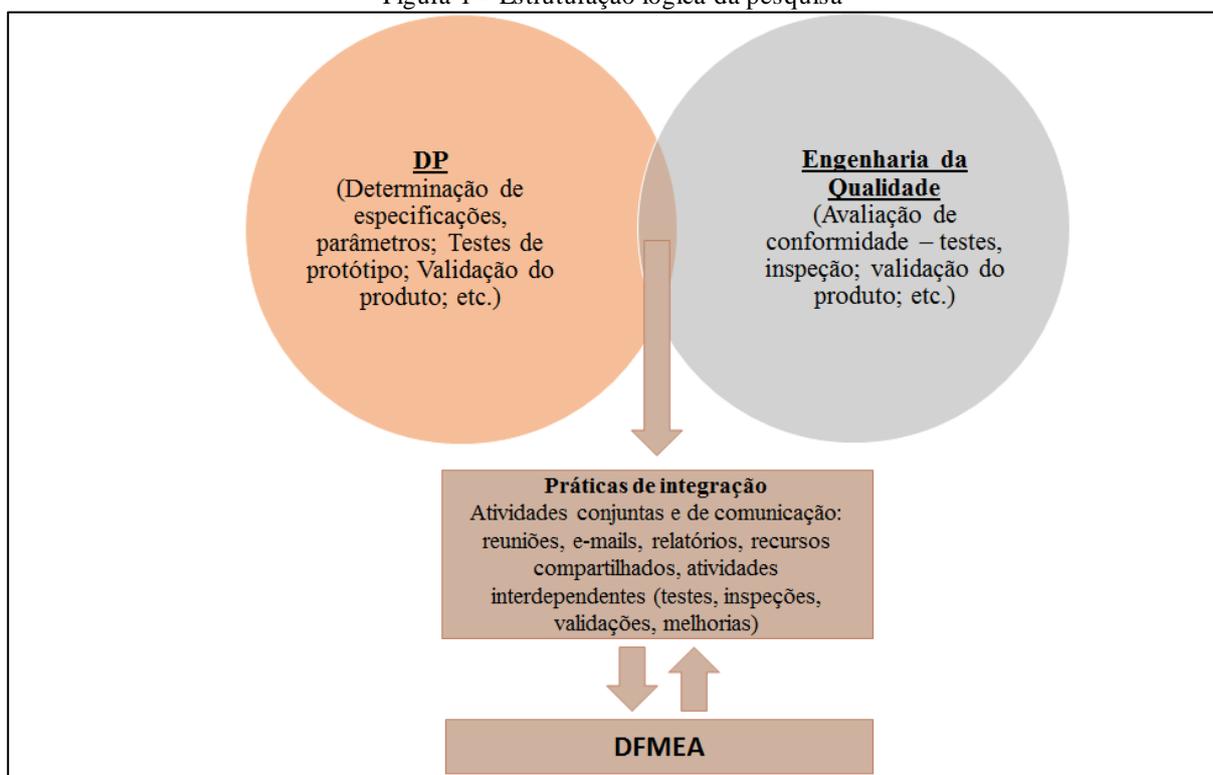
A principal questão que norteia a realização deste trabalho é: como a utilização do DFMEA pode apoiar a integração entre DP e Engenharia da Qualidade? Assim, esta pesquisa pretende, por meio de estudo de casos, identificar e analisar as práticas adotadas, bem como os

problemas e desafios enfrentados, na integração entre o Desenvolvimento de Produtos e a Engenharia da Qualidade em empresas industriais brasileiras por meio do DFMEA.

Esse objetivo geral é desdobrado nos seguintes objetivos específicos: (1) identificar as principais práticas (atividades, métodos, técnicas e ferramentas) que a Engenharia da Qualidade realiza ao longo das fases do DP; (2) analisar empiricamente o papel que o DFMEA exerce para a integração entre o DP e a Engenharia da Qualidade identificando as estratégias (técnicas, ferramentas, mecanismos, recursos) para a realização do mesmo de acordo com as perspectivas da integração; (3) identificar e analisar problemas, desafios e limitações dessa integração; (4) identificar diferenças e semelhanças de práticas entre os casos e com o referencial teórico.

A estruturação e o foco da pesquisa foram delineados conforme a figura 1.

Figura 1 – Estruturação lógica da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

## 1.4 Estrutura do trabalho

Esta dissertação é composta por cinco capítulos.

O capítulo 1 introduz o conteúdo do trabalho, provendo o contexto e os desafios para a pesquisa. Também apresenta a questão e os objetivos de pesquisa, justificativas e a relevância da realização deste trabalho.

O capítulo 2 apresenta a metodologia de pesquisa, a partir da qual estrutura-se a pesquisa.

O capítulo 3 apresenta a revisão da literatura sobre os temas que devem ser estudados para realização da pesquisa de campo: Conceito de integração interfuncional, Integração interfuncional no desenvolvimento de produtos, Integração entre o DP e a Engenharia da Qualidade e DFMEA.

O capítulo 4 contempla os resultados e análises alcançados na pesquisa, apresentando os resultados individuais de cada caso e a análise dos casos mediante comparação dos resultados empíricos com o teórico.

Por fim, o capítulo 5 finaliza este documento. Nele, explicitam-se as considerações finais e declaram-se as limitações da pesquisa e potenciais pesquisas futuras.

A figura 2 apresenta a sequência dos principais temas abordados, o conteúdo e os objetivos básicos de cada capítulo.

Figura 2 – Estrutura do desenvolvimento do trabalho

<b>Capítulo 1</b> Introdução	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contextualização do tema, justificativa e objetivos de pesquisa</li></ul>
<b>Capítulo 2</b> Método de pesquisa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apresentação da abordagem de pesquisa, do método de pesquisa, do instrumento da coleta de dados e das técnicas de análise de dados</li></ul>
<b>Capítulo 3</b> Revisão bibliográfica	<ul style="list-style-type: none"><li>• Revisão bibliográfica sobre os conceitos de integração, práticas de integração e integração entre DP e Engenharia da Qualidade.</li></ul>
<b>Capítulo 4</b> Estudo de casos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Descrição das empresas, apresentação dos casos e dos resultados pertinentes de cada empresa</li><li>• Comparação das informações obtidas entre os casos estudados e entre eles e o referencial teórico</li></ul>
<b>Capítulo 5</b> Considerações finais	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análise dos pressupostos da pesquisa; atendimento aos objetivos propostos; limitações da pesquisa e sugestões para futuras pesquisas.</li></ul>

Fonte: Elaborado pela autora.

## 2 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo é apresentado o método de pesquisa utilizado para a realização da pesquisa que compõe este trabalho. Primeiro é feita a classificação da pesquisa em termos de abordagem metodológica e, em seguida, justifica-se a escolha do método de estudo de caso

especificando as unidades de análise, os procedimentos de coleta de informações, o método de análise e discussão dos resultados.

## 2.1 Abordagem de pesquisa

O objetivo da pesquisa determina a escolha da abordagem mais adequada, que pode ser quantitativa ou qualitativa. Segundo Bryman (1989) a característica distintiva entre as abordagens é que na abordagem qualitativa a perspectiva do indivíduo que está sendo estudado é considerada, enquanto que na quantitativa não, isto é, a realidade subjetiva dos indivíduos envolvidos é relevante para pesquisa, por isso, a pesquisa que utiliza abordagem qualitativa, tende a ser menos estruturada para poder captar as perspectivas e interpretações das pessoas. Os métodos de pesquisa mais apropriados para conduzir uma pesquisa qualitativa são o estudo de caso e a pesquisa-ação (MARTINS, 2012).

Já na abordagem quantitativa, o pesquisador não interfere ou pouco interfere nas variáveis de pesquisa, as quais são oferecidas pela natureza ou por uma teoria consolidada, isto é, antes da realização da observação ou experimento. Os métodos de procedimento mais comuns para a coleta de dados na pesquisa quantitativa são a pesquisa de avaliação (*survey*), modelagem/simulação, experimento e quase-experimento (MARTINS, 2012).

De acordo com Yin (1989) há quatro critérios para a seleção de uma abordagem de pesquisa:

- Adequação do método aos conceitos envolvidos;
- Adequação aos objetivos de pesquisa;
- Validade de construção, interna e externa; e
- Confiabilidade

Segundo Bryman (1989), a pesquisa qualitativa tende a lidar melhor com aspectos da realidade da organização, cujos pontos de vista individuais se complementam, são concomitantemente complementares e divergentes e permitem ao pesquisador entender a complexidade estudada. Estas perspectivas individuais são utilizadas então para validação ou não das hipóteses do pesquisador; o interesse está nos resultados e como estes foram alcançados, permitindo explicar tanto “como” quanto “o quê” (MARTINS, 2012).

Tendo em vista os objetivos propostos (seção 1.3) que é identificar e analisar as práticas adotadas na integração interfuncional (entre o Desenvolvimento de Produtos e a

Engenharia da Qualidade) mediante a execução do DFMEA, pode-se inferir que a necessidade de captar a percepção das pessoas a fim de compreender como ocorre essa integração foi um dos critérios que mais contribuíram para a escolha da abordagem qualitativa.

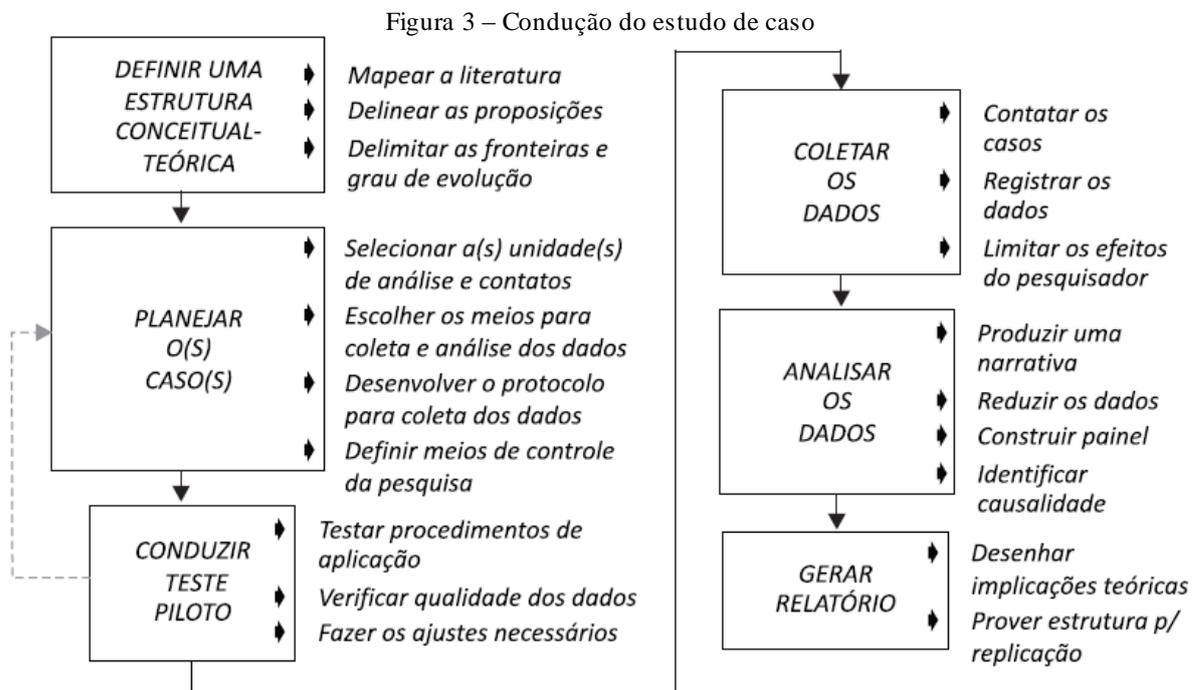
## **2.2 Escolha do método**

Neste trabalho, como a abordagem adotada é a qualitativa, os métodos correspondentes a esse tipo de abordagem são a pesquisa-ação e o estudo de caso. Bryman (1989) considera que pesquisa-ação é uma abordagem da pesquisa social aplicada na qual o pesquisador e o cliente colaboram no desenvolvimento de um diagnóstico e para a solução de um problema, garantindo que as descobertas resultantes irão contribuir para a base de conhecimento em um domínio empírico particular. Neste tipo de pesquisa, o pesquisador deve estar imerso no ambiente estudado, por isso a pesquisa-ação é considerada interativa, pois deve haver cooperação entre os pesquisadores e os membros envolvidos da organização e este relacionamento entre ambos é o que diferencia a pesquisa-ação do estudo de caso. Além disso, numa pesquisa-ação há a possibilidade de mudança na organização.

O estudo de caso é um estudo de caráter empírico que investiga um fenômeno atual no contexto da vida real. Dentre os benefícios principais da condução de um estudo de caso estão a possibilidade do desenvolvimento de novas teorias e de aumentar o entendimento sobre eventos reais e contemporâneos (MIGUEL; SOUSA, 2012). Além disso, o objetivo é expandir e generalizar teorias (generalização analítica) ao invés de enumerar frequências (generalização estatística). O número de casos deve ser escolhido de acordo com o grau de generalização; a adoção de único caso permite maior aprofundamento e maior riqueza na coleta de dados, entretanto, existe o risco de um julgamento inadequado em função de ser um fenômeno único. Na adoção de múltiplos casos pode-se aumentar a validação externa (generalização dos resultados), porém consegue-se uma profundidade menor na avaliação dos casos (VOSS et al., 2002).

Em função das condições práticas para a realização do presente trabalho como questões relacionadas ao tempo e ao tamanho de amostra do estudo, o método escolhido é o estudo de caso, pois além de possibilitar responder questões do tipo “como” ocorre a integração entre DP e Engenharia da Qualidade durante um DFMEA, o fenômeno pode ser estudado em seu ambiente natural (YIN, 1994). A pesquisa de campo tem o intuito de verificar no ambiente real quais são as práticas utilizadas na integração entre as funções quando o DFMEA é executado.

A figura 3 representa uma proposta de conteúdo e sequência para a condução de um estudo de caso.



Fonte: Miguel e Sousa (2012).

Uma das primeiras tarefas no planejamento de um estudo de caso é a escolha dos casos (número e tipos). Especificamente, foram realizados dois casos para esta dissertação cujo principal critério para tal escolha teve como motivação a co-localização entre os departamentos de DP e Engenharia da Qualidade, isto é, a distância física entre ambos. Um caso se caracteriza por localizar os departamentos em um mesmo local e o outro caso os departamentos em questão localizam-se em cidades distintas. Esta escolha tem o intuito de identificar as especificidades, os problemas e as perspectivas de cada caso e promover uma comparação entre ambos. A partir desses dados empíricos, é possível tecer conclusões que são interessantes e relevantes tanto do ponto de vista teórico como, em particular, do ponto de vista gerencial.

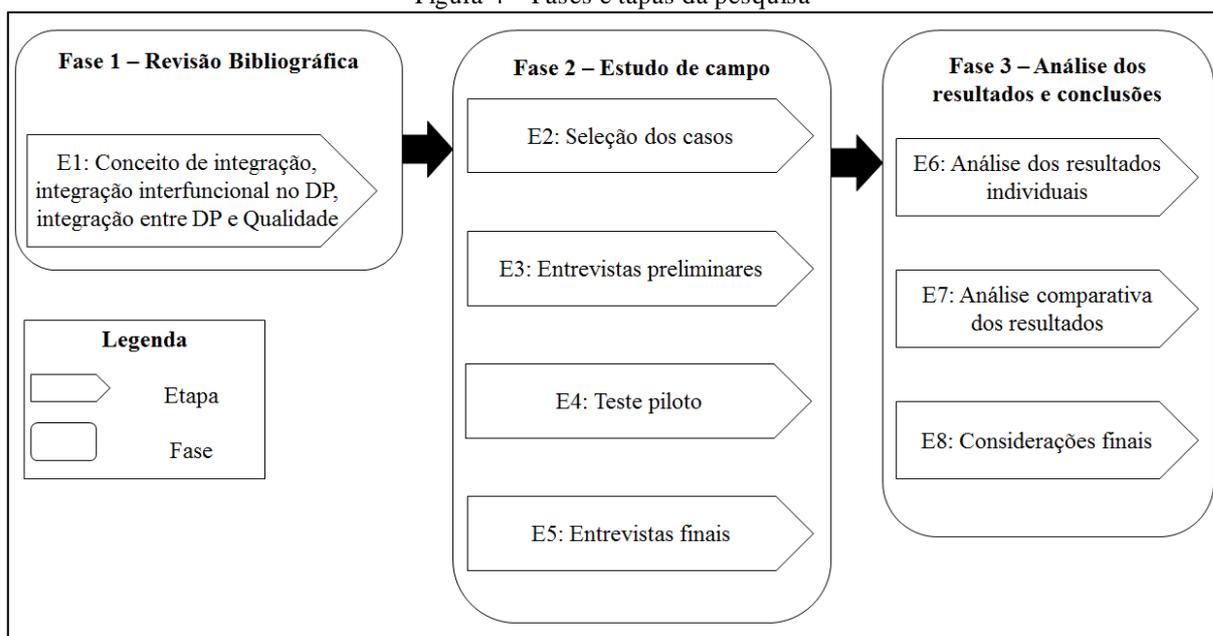
A partir da seleção dos casos, devem-se determinar os instrumentos e métodos para a coleta de dados. Como não há controle sobre eventos comportamentais, devem ser empregadas múltiplas fontes de evidência como entrevistas, análise documental e observações, as quais possibilitam ao pesquisador maior validade construtiva da pesquisa (MIGUEL; SOUSA, 2012). As fontes de evidências utilizadas para este estudo foram entrevistas semiestruturadas (com supervisores/engenheiros/gerentes de Qualidade e de Desenvolvimento de Produtos) e observações, quando possível, isto é, como o desenvolvimento de produtos se relaciona com a área de qualidade (quais práticas: atividades, métodos, técnicas e ferramentas).

Uma vez escolhidas as técnicas para a coleta de dados, um protocolo de pesquisa (Apêndice B) foi desenvolvido, a fim de tornar os passos da pesquisa operacionais e padronizados, o que aumenta a confiabilidade do estudo de caso. Inicialmente, conduziram-se dois testes pilotos pelo pesquisador. Segundo Miguel e Sousa (2012), o objetivo do teste piloto é verificar os procedimentos de aplicação, visando seu aprimoramento mediante correções e ajustes necessários a fim de identificar se a qualidade dos dados obtidos está associada aos constructos e se atendem aos objetivos de pesquisa. O estudo de casos permitirá dois tipos de análises: a análise dentro de cada caso e análise entre os casos.

### 2.3 Fases e etapas da pesquisa

A pesquisa foi estruturada em 3 fases e 8 etapas ilustradas na figura 4. Cada fase será brevemente explicada.

Figura 4 – Fases e etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

- **Fase 1 – Revisão bibliográfica**

A fase 1 compreendeu apenas em uma etapa e consiste na revisão sobre conceitos, práticas de integração interfuncional, e integração entre DP e Qualidade com o intuito de aprofundamento no tema, por meio de artigos nas bases de dados *Web of Science* (WOS) e *Scopus*.

Primeiramente buscou-se artigos que abordavam uma relação entre integração interfuncional, desenvolvimento de produtos e qualidade utilizando os seguintes *strings* de busca: "*multifunctional integration*" or "*functional integration*" or "*cross-functional integration*" or "*interdepartmental integration*" or "*departmental integration*" or "*communication*" or "*collaboration*" or "*interaction*" AND "*product development*" OR "*process product development*" OR "*new product development*" OR "*R&D*" AND "*quality*". A busca retornou 868 artigos na base de dados *WOS* e 2073 na *Scopus*, os quais passaram por uma nova seleção por meio do filtro de áreas, línguas e fontes, leitura de títulos e resumos e leitura da introdução e conclusão. Assim, foram considerados somente os textos com relevância para o estudo resultando em aproximadamente 32 artigos da *WOS* e 20 da *Scopus*.

A busca seguinte teve o intuito de identificar contribuições do DFMEA na integração entre DP e EQ. Desse modo, utilizou-se os seguintes *strings* de busca "*product development*" or "*process product development*" or "*new product development*" or "*product design*" or "*R&D*" AND "*FMEA*" or "*DFMEA*" AND "*interaction*" or "*communication*" or "*collaboration*" or "*integration*". A maioria dos artigos encontrados abordam os benefícios da realização de um FMEA destacando as características e impacto do mesmo na qualidade do desenvolvimento, não deixando claro o papel que ele exerce na integração entre DP e Engenharia da Qualidade.

- **Fase 2 – Estudo de campo**

A primeira etapa da fase 2 consiste no levantamento de empresas em que seria possível a execução dos casos. As empresas foram selecionadas com base em sua história no desenvolvimento de produtos mais complexos, que exigem certificação cuja verificação e validação da qualidade ainda continuam a ser requisitos importantes. Assim, foram adotados quatro critérios:

Critério 1: A empresa deve possuir um PDP e uma Gestão da Qualidade consolidados e estruturados, pois a formalização do PDP possibilita que todos os envolvidos tenham uma visão macro do processo.

Critério 2: A empresa deve possuir certificação do Sistema de Gestão da Qualidade pois conjectura a busca pela qualidade de produtos e serviços como diferencial para se manter no mercado, além de promover padronização de processos, capacitação e comprometimento dos colaboradores.

Critério 3: A empresa deve ser de grande porte e desenvolver vários projetos de desenvolvimento, pois, segundo Clark e Wheelwright (1993), o desenvolvimento de vários projetos podem acarretar problemas de equilíbrio entre a necessidade de realização de atividades com os esforços contínuos de desenvolvimento de produtos e processos, pois quando o foco é apenas em único projeto de desenvolvimento toda a organização é orientada ao projeto.

Critério 4: As empresas devem se diferenciar quanto à co-localização dos departamentos de Desenvolvimento de Produtos e Engenharia da Qualidade, a fim de propiciar uma comparação entre os casos e atingir os objetivos da pesquisa.

A segunda etapa da fase 2 compreendeu em entrevistas preliminares e teste do questionário, os quais serviram como validação do modelo de pesquisa e refinamento de práticas e mecanismos de integração entre as áreas de interesse da pesquisa. As entrevistas foram realizadas com dois profissionais, um da área da Qualidade e outro da área do Desenvolvimento de Produtos, o que permitiu melhor compreensão sobre os temas da revisão bibliográfica e informações oportunas para desenvolvimento da pesquisa de campo.

A terceira etapa consiste na realização dos testes piloto para aplicação do roteiro de entrevista com o intuito de validar e permitir alterações e melhorias no mesmo em duas empresas multinacionais de grande porte. As pessoas escolhidas para responder o questionário foram: gerentes e/ou coordenadores do desenvolvimento de produtos e da área de qualidade e/ou líderes de projetos de desenvolvimento. Os testes pilotos permitiram identificar que a integração da Engenharia da Qualidade durante o desenvolvimento de produtos e a realização do DFMEA dependem da complexidade do produto a ser desenvolvido. Os produtos de uma das empresas do teste piloto são de baixo valor agregado, além de possuírem baixo risco de segurança e não acarretarem graves problemas aos seres vivos e ambiente. Assim, a preocupação de integrar a Qualidade desde a fase de concepção, a fim de mitigar problemas de qualidade no produto e a execução do DFMEA são menores em uma das empresas. Este fato demonstrou que algumas questões precisavam ser melhoradas e revistas, justificando a escolha por empresas que desenvolvem produtos mais complexos, com alto valor agregado.

A quarta etapa consiste nas entrevistas finais com a utilização de um roteiro testado e aprimorado (Apêndice B). Foram feitas quatro entrevistas na empresa A: diretor e supervisor da Engenharia da Qualidade, líder de projeto e gerente da Engenharia do Produto; e duas entrevistas na empresa B: gerente da Engenharia da Qualidade e da Engenharia do Produto. Todas entrevistas foram realizadas individualmente com duração de duas horas, aproximadamente.

- **Fase 3 – Análise dos resultados**

A terceira fase é composta por três etapas. Na primeira será feita uma análise individual de cada caso. A segunda etapa possibilitará identificar semelhanças e diferenças de práticas e mecanismos de integração entre DP e Engenharia da Qualidade nas empresas e de práticas de integração entre ambos durante a execução de um DFMEA, com base nas opiniões e declarações dos entrevistados e realizar uma análise comparativa entre os casos e entre eles com o referencial teórico e, assim, realizar uma conclusão da pesquisa.

O quadro 1 sintetiza as fases e etapas da pesquisa.

Quadro 1 – Resumo das fases, etapas e resultados da pesquisa

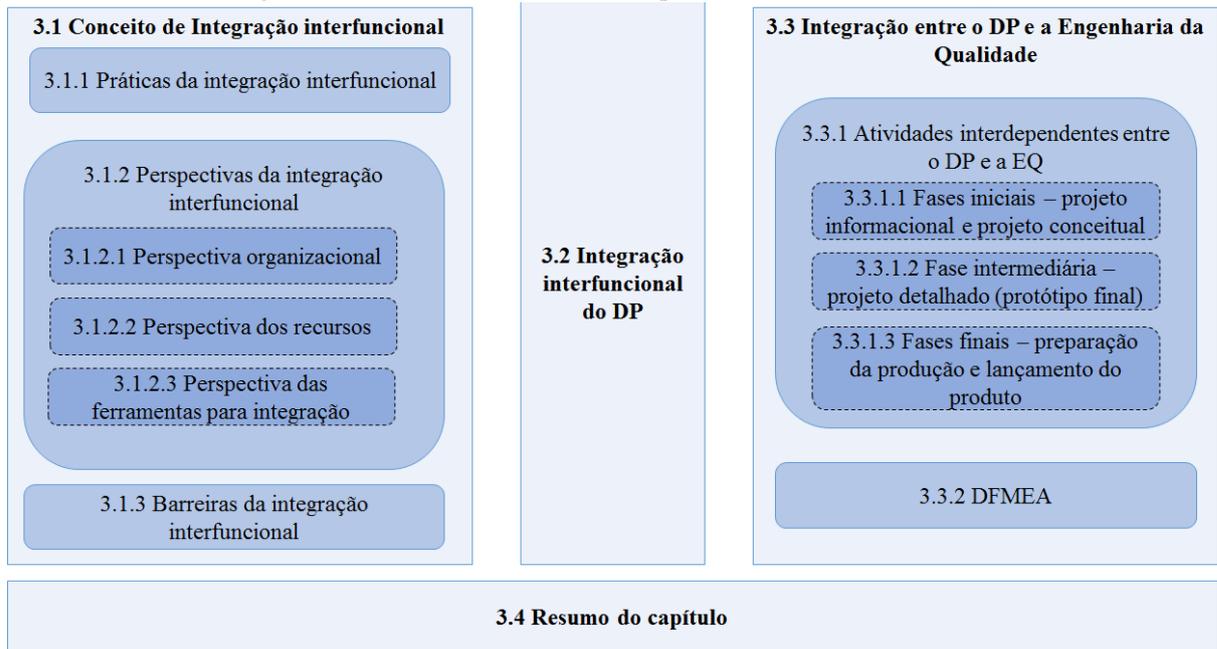
<b>Fases</b>	<b>Etapa da pesquisa</b>	<b>Resultados da pesquisa</b>
<b>Fase 1</b>	E1: Revisão sobre conceitos de integração, integração no desenvolvimento de produtos e integração entre DP e Qualidade	Definição de integração, identificação dos principais mecanismos de integração no DP, identificação de estudos relacionados à integração entre DP e Qualidade.
<b>Fase 2</b>	E2: Escolha dos critérios para a seleção das empresas	Identificação e seleção das empresas para o estudo de casos.
	E3: Entrevistas preliminares	Melhor compreensão sobre o tema, aprimoramento da revisão bibliográfica, validação e melhoria do modelo de pesquisa e questionário.
	E4: Teste piloto	Verificação em campo (coleta de dados)
	E5: Entrevistas finais	
<b>Fase 3</b>	E6: Análise dos resultados individuais	Transcrição dos casos
	E7: Análise comparativa dos resultados	Identificação de semelhanças e diferenças de práticas de integração entre as empresas e entre elas com o referencial teórico.
	E8: Considerações finais	Conclusão da pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora.

### **3 REVISÃO DA LITERATURA**

Este capítulo apresenta os principais conceitos, relativos ao tema da pesquisa, que norteiam o presente estudo, cujo conteúdo é estruturado como mostra a figura 5.

Figura 5 – Estrutura do conteúdo do capítulo 3 (Revisão da Literatura)



Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.1 Integração interfuncional

O tema integração vem sendo estudado há décadas no ambiente acadêmico, principalmente após o surgimento das ideias de reengenharia de processos e o aperfeiçoamento da tecnologia da informação na década de 1990 (TULI; SHANKAR, 2014; ANDRADE; FERNANDES, 2015).

Há dois tipos possíveis de integração: integração interorganizacional e integração intraorganizacional. Entende-se por integração interorganizacional a colaboração com clientes, fornecedores, institutos de pesquisa, detentores de tecnologia, isto é, segmentos externos à organização. Já a integração intraorganizacional, conhecida também por integração interdepartamental ou interfuncional, está associada ao compartilhamento de informações e envolvimento entre as funções ou departamentos da organização (LAWRENCE; LORSCH, 1973; CLARK; WHEELWRIGHT, 1993; KAHN, 1996).

Diversos autores, como Clark e Fujimoto (1991), Millson e Wilemon (2002) e Pagell (2004) utilizam os termos integração interna e integração externa para caracterizar os tipos de integração, em que o primeiro termo está associado à comunicação e coordenação entre os membros internos da organização envolvidos no PDP, isto é, entre os departamentos funcionais, e o segundo termo está relacionado com a capacidade de obter mais informações através do envolvimento de entidades externas à organização, como clientes e fornecedores.

A integração interfuncional tem sido descrita por acadêmicos usando uma ampla gama de termos: integração, coordenação, colaboração, cooperação, trabalho em equipe, unidade de esforço, conectividade e alinhamento (CHEN et al., 2009). Segundo Lawrence e Lorsh (1973) integração interfuncional é definida como a qualidade do estado de colaboração existente, entre os vários departamentos de uma organização, necessária para realizar a unidade de esforço, isto é, trabalhar em conjunto, de acordo com as exigências do ambiente. À medida que as empresas crescem, formam departamentos ou funções que possuem diferentes estruturas, tarefas e pontos de vistas gerando uma grande dificuldade de integração. Sendo assim, há necessidade do funcionamento integrado desses departamentos para que sejam orientados para a mesma finalidade.

Pagell (2004) realizou uma busca pelos conceitos envolvidos sobre integração e classificou-os em termos de seu foco (ao considerar os estudos que tratavam do desenvolvimento de produtos, uso de sistemas de informação e integração entre duas ou mais áreas funcionais) e nível de análise (ao considerar integração interna, externa ou ambas). O Quadro 2 apresenta as definições sobre integração encontradas por Pagell (2004), considerando apenas aquelas cujo estudos tratavam do desenvolvimento de produtos e o nível de análise incluindo a integração interna (integração interfuncional), aspecto de interesse para esta dissertação.

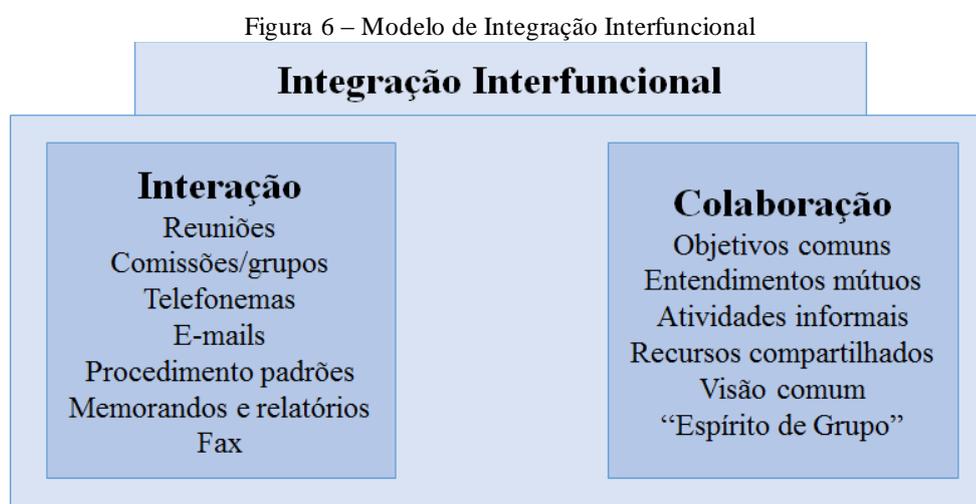
Quadro 2 – Definições sobre integração interfuncional

Referência analisada	Áreas envolvidas	Definição de integração interfuncional
Ettlie and Stoll (1990)	Desenvolvimento de produto	Integração é definida como coordenação e colaboração entre as áreas.
Alder (1992)	Desenvolvimento de produto	Integração é definida como coordenação entre as áreas.
Sussman and Dean (1992)	Desenvolvimento de produto	Integração é definida como o trabalho conjunto de duas funções para não serem diferenciadas.
Wheelwright and Clark (1992)	Desenvolvimento de produto	Integração é definida como o trabalho em conjunto entre engenheiros de projeto e profissionais de marketing ou engenheiros de processo com o intuito de resolver problemas comuns no desenvolvimento.
Kahn and McDonough (1997)	Marketing, P&D e fabricação	Integração é definida pela existência de dois componentes: interação e colaboração.
Gerwin and Barrowman (2002)	Desenvolvimento de produto	Define-se IPD ( <i>Integrated Product Development</i> ) como um todo inter-relacionado e não como um conjunto de métodos desconexos. IPD é uma abordagem gerencial para melhorar o desempenho de desenvolvimento de novos produtos que ocorre, em parte, através da sobreposição e interação de certas atividades no PDP.
Swan (2002)	Desenvolvimento de produto	Integração é definida como coordenação à medida em que as partes separadas trabalham juntas de forma cooperativa para se chegar a resultados mutuamente aceitáveis. Consequentemente, esta definição engloba atividades conjuntas relativas ao grau de cooperação, coordenação, interação e colaboração.

Fonte: Adaptado de Pagell (2004)

Assim, Pagell (2004) define a integração como o processo de interação e colaboração no qual os departamentos de operações, compras e logística trabalham em conjunto de forma cooperativa para obter resultados que favoreçam a organização como um todo. Esse autor frisa que nos processos de integração há coordenação, cooperação, interação e colaboração.

De acordo com Kahn (1996), a integração interfuncional pode ser definida a partir de três dimensões: uma define integração como um processo de interação; outra define integração como processo de colaboração; e outra descreve integração como uma combinação dos processos de interação e colaboração (Figura 6).



Fonte: Adaptado de Kahn (1996).

A interação envolve as questões estruturais das relações entre as funções da organização, ou seja, envolve atividades coordenadas de modo formal baseada em atividades de comunicação e compartilhamento de informações entre os departamentos, como a realização de reuniões de rotina, teleconferências, conversas informais, e-mails, relatórios. A colaboração, que constitui os processos informais de integração, consiste no desenvolvimento de atividades conjuntas que envolvem aspectos afetivos, isto é, algo que depende da boa vontade e disposição para o trabalho em conjunto, da confiança mútua, entendimento e compartilhamento da mesma visão, recursos e informações, tendo em vista o alcance de objetivos comuns (KAHN, 1996).

Amaral e Toledo (2000) definiram integração a partir da quantidade e tipo de Comunicação, Compatibilidade e Cooperação entre as estruturas organizacionais de desenvolvimento do cliente e do fornecedor, estratificadas por níveis: estratégico, tático, operacional e pessoal (Quadro 3).

Quadro 3: Estratificação da integração por níveis: estratégico, tático, operacional e pessoal

<b>Dimensões</b> <b>Níveis</b>	<b>Interação/Comunicação:</b> <b>estruturas formais e</b> <b>intensidade da</b> <b>comunicação</b>	<b>Compatibilidade: grau</b> <b>de compatibilidade</b>	<b>Colaboração/Cooperação: grau</b> <b>de cooperação</b>
<b>Estratégico</b>	Entre a alta administração do cliente e do fornecedor (por exemplo: reuniões, participação na diretoria, etc.).	Grau com que as estratégias das empresas-clientes se compatibilizam com as dos fornecedores (por exemplo: investimentos futuros em tecnologia, processos, mercado, etc.).	Na elaboração do planejamento estratégico
<b>Tático</b>	Entre a média gerência para a elaboração dos planos das atividades de desenvolvimento realizadas conjuntamente pelas empresas (comunicação sobre etapas, planos e cronogramas)	Entre a média gerência com relação ao planejamento das etapas de desenvolvimento (metas, desenvolvimento de planos).	Entre a média gerência do desenvolvimento de produto da empresa-cliente e do fornecedor (por exemplo, confiança, compromisso e apoio técnico).
<b>Operacional</b>	No desenvolvimento das atividades do desenvolvimento (reuniões de apresentação formais do projeto, mecanismos de comunicação de problemas, dúvidas, etc.).	Nas estruturas para operacionalização das atividades conjuntas (normas de engenharia e equipamentos para teste, linguagem).	Nas atividades de desenvolvimento (por exemplo, confiança nas informações trocadas durante as atividades, cooperação na solução de problemas, apoio técnico como auxílio em laboratório, etc.).
<b>Pessoal</b>	Entre os funcionários dos departamentos DP e EQ (quantidade de contatos informais e a liberdade para troca de informações entre as pessoas).	Entre as pessoas dos departamentos DP e EQ (amizade, inexistência de barreiras culturais, inexistência de conflito de interesses entre as pessoas, etc.).	Entre as pessoas dos departamentos DP e EQ (confiança nos funcionários da outra empresa, o compromisso entre as pessoas).

Fonte: Adaptado de Amaral e Toledo (2000)

Semelhante à definição de Kahn (1996), Chen et al. (2009) afirmam que a integração interfuncional é dividida em dois componentes. O primeiro refere-se à informação compartilhada e entendida, isto é, a informação não deve ser apenas compartilhada, mas deve ser realizada de maneira frequente e compreendida pelos envolvidos. O segundo componente remete a “decisões alinhadas” que envolvem as funções, as quais devem levar em consideração as capacidades e os objetivos de cada uma delas. Dietrich et al. (2010) definem a colaboração como um processo no qual pessoas, ou organizações, trabalham juntas com objetivos comuns para compartilhar conhecimentos, aprender e construir consenso. A combinação destas duas formas de integração – interação e colaboração – implica que deve haver o compartilhamento de informações e o envolvimento entre os departamentos (GUPTA et al., 1986, KAHN, 1996; SONG et al., 1998; OLSON et al., 2001; PAGELL, 2004).

Cada organização apresenta uma percepção relativa ao nível de integração que é baseada na definição semântica de evidências, muitas vezes subjetivas. Para cada organização ou até mesmo para cada gerente dentro de uma mesma organização, nível alto ou nível baixo de integração podem ter diferentes significados em cada área funcional (O’LEARY-KELLY; FLORES, 2002; PAGELL, 2004). Para avaliar o nível de integração, Pagell (2004) propôs uma escala de três níveis, descrita no Quadro 4.

Quadro 4 – Classificação dos níveis de integração

Nível de integração	Indicadores
1 – Nenhuma integração interna	A maior parte do tempo, as áreas funcionais NÃO estão: - Interagindo; - Colaborando; - Trabalhando para alcançar resultados mutuamente aceitáveis.
2 – Alguma integração interna	Parte do tempo, as áreas funcionais estão: - Interagindo; - Colaborando; - Trabalhando para alcançar resultados mutuamente aceitáveis.
3 – Integração interna total	A maior parte do tempo, as áreas funcionais estão: - Interagindo; - Colaborando; - Trabalhando para alcançar resultados mutuamente aceitáveis.

Fonte: Adaptado de Pagell (2004)

### 3.1.1 Práticas de integração interfuncional

Diferentes personalidades e modos de ver as circunstâncias, linguagens, responsabilidades organizacionais e barreiras físicas, são aspectos negativos que se transformaram em barreiras de integração e conflitos no processo de desenvolvimento de produtos. Alguns estudos identificaram diferentes práticas, sistemas ou mecanismos que contribuem para uma maior coordenação ou integração interfuncional (GONZALEZ-ZAPATERO; GONZALEZ-BENITO; LANNELONGUE, 2016).

Prática é definida como um tipo específico de atividade<sup>3</sup> profissional ou de gerenciamento que contribui para a execução de um processo e que pode empregar uma ou mais técnicas<sup>4</sup> e ferramentas<sup>5</sup> para produzir um resultado (PMI, 2013). De acordo com Oxford Dictionary (2017), prática é um procedimento ou maneira de fazer de algo costumeiro, habitual

<sup>3</sup> Atividade refere-se a “uma parte distinta e programada do trabalho executado no decorrer do projeto” (PMI, 2013).

<sup>4</sup> A técnica é “um procedimento sistemático usado por um recurso humano para realizar uma atividade a fim de produzir um produto ou resultado ou oferecer um serviço, e que pode empregar uma ou mais ferramentas” (PMI, 2013).

<sup>5</sup> Ferramenta é “alguma coisa tangível, como um modelo ou um programa de software, usada na realização de uma atividade para produzir um produto ou resultado” (PMI, 2013).

ou esperado. Kahn et al. (2012) afirmam que as práticas no PDP podem ser interpretadas como atividades, métodos, técnicas e ferramentas que conduzem ao desenvolvimento e lançamento de novos produtos e serviços.

A maneira pela qual a empresa se organiza para possibilitar a integração interfuncional é chamada de “mecanismo de integração”, utilizado por autores como Griffin e Hauser, 1996; Leenders e Wierenga, 2002; Gonzalez-Zapatero, Gonzalez-Benito e Lannelongue, 2016. Os mecanismos representam os processos, técnicas ou sistemas para alcançar um resultado (THE MERRIAM – WEBSTER DICTIONARY, 2017). Portanto, os mecanismos são meios que existem para apoiar a realização da integração e, muitas vezes, são utilizados como sinônimos de práticas.

Adaptando-se a essas definições, práticas de integração são os comportamentos habituais, isto é, atividades, métodos, técnicas ou ferramentas que contribuem para existência da integração interfuncional, no caso específico desta pesquisa, entre DP e Engenharia da Qualidade. Assim, a atividade de identificar falhas em um produto durante seu desenvolvimento por meio (ou pelo uso do mecanismo) de DFMEA representa, então, uma prática do PDP e de integração entre DP e Engenharia da Qualidade.

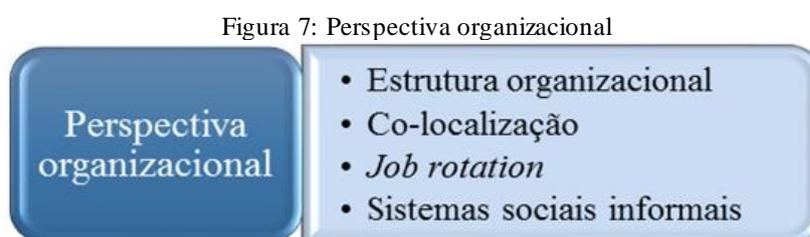
Algumas das compilações mais conhecidas dos chamados mecanismos de integração interfuncional (por exemplo, Griffin e Hauser, 1996; Leenders e Wierenga, 2002) podem ser analisados de diferentes perspectivas, discutidos na seção 3.1.2.

### **3.1.2 Perspectivas da integração interfuncional**

Leenders e Wierenga (2002) mostram que a maioria dos estudos indica um efeito positivo dos mecanismos de integração na integração interfuncional. Griffin e Hauser (1996) e Leenders e Wierenga (2002) distinguem seis tipos de mecanismos de integração que auxiliam a ocorrência da integração interfuncional: co-localização e proximidade física, movimento de pessoal (*job rotation*), sistemas sociais informais, estrutura organizacional, incentivos e recompensas e gestão formal do processo de integração. Esses mecanismos podem ser analisados segundo os pontos de vista organizacional, das ferramentas para a integração e dos recursos, discutidos nas próximas seções.

### 3.1.2.1 Perspectiva organizacional

Os mecanismos de integração em relação ao ponto de vista organizacional referem-se ao arranjo formal das funções em uma organização e aos mecanismos de gestão e integração para a realização do trabalho, os quais podem ser considerados um meio para alcançar os objetivos de negócios (BAI et al., 2017), fator relevante para o desenvolvimento de produtos. São eles: estrutura organizacional, co-localização e proximidade física, *job rotation* e sistemas sociais informais (Figura 7).



Fonte: Elaborado pela autora.

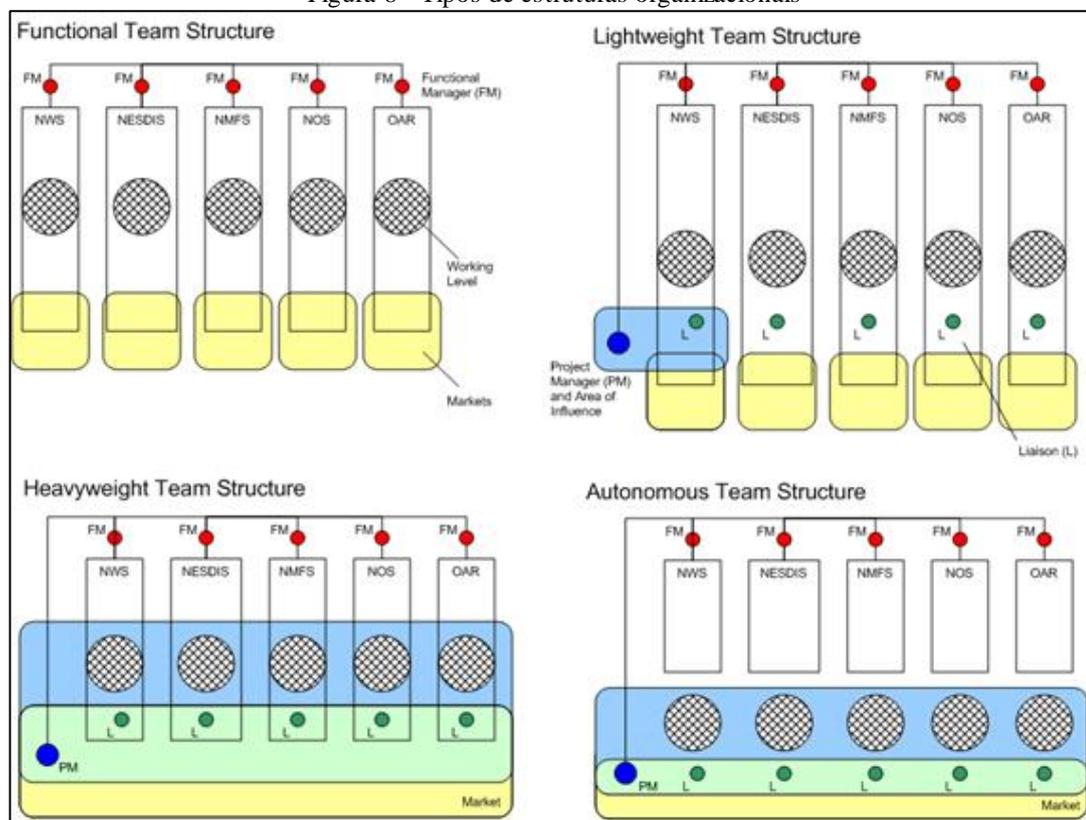
- **Estrutura organizacional**

A estrutura organizacional mais propícia à integração é a equipe multifuncional, ou seja, a equipe formada por representantes de diferentes funções e até mesmo áreas externas à empresa, como clientes e fornecedores, que irão executar e acompanhar todo o desenvolvimento de um novo produto (LEENDERS; WIERENGA, 2002; MINGUELA-RATA; ARIAS-ARANDA, 2009; HUO; ZHAO; LAI, 2014), os quais muitas vezes ajudam a evitar problemas relacionados à qualidade, além de reduzir e melhorar a eficiência do processo (MINGUELA-RATA; ARIAS-ARANDA, 2009; HUO; ZHAO; LAI, 2014). As equipes multifuncionais encorajam a troca de informações, proporcionam um grau de estrutura e incentivam a cooperação, fornecendo um fórum no qual os conflitos são resolvidos sem a intervenção da gerência (GRIFFIN; HAUSER, 1996). Portanto, espera-se que as equipes multifuncionais tenham um efeito positivo na integração. Para Pagell (2006), as equipes multifuncionais melhoram significativamente o projeto de produtos e de processos e a qualidade do produto, que são fundamentais para a redução do custo de produção.

Identificam-se quatro classificações para a estrutura organizacional das atividades de gestão do DP: a estrutura funcional, a estrutura matricial peso-leve, a estrutura matricial peso-pesado e a estrutura por projeto ou estrutura de equipes autônomas (Figura 8) (CLARK; FUJIMOTO, 1991; CLARK; WHEELRIGHT, 1993).

Na estrutura funcional, as atividades de execução de um projeto são controladas pelo gerente funcional e alocadas em sua própria área de competência (CLARK; WHEELRIGHT, 1993). A estrutura matricial possui dois tipos: estrutura matricial “peso leve” e estrutura matricial “peso pesado”. Na estrutura matricial “peso leve”, assim como na estrutura funcional, cada função designa uma pessoa para representa-la na equipe de projeto a qual permanece em sua área funcional, porém o projeto é conduzido por um gerente de projeto que exerce baixa influência, permanecendo abaixo dos gerentes funcionais quanto à hierarquia. A estrutura matricial “peso pesado” é similar a anterior com a diferença de que os coordenadores deste tipo de estrutura possuem posições hierárquicas equivalentes ou superiores aos gerentes das funções, exercendo forte influência sobre as funções envolvidas no projeto (CLARK; WHEELRIGHT, 1993). Na estrutura de equipes autônomas ou estrutura por projeto, os recursos e as atividades da organização para o DP são alocados em torno dos projetos e de seus gerentes, para dedicar-se exclusivamente ao projeto em questão. O líder do projeto é um gerente peso-pesado e a principal vantagem da estrutura por projetos é o foco, pois todos estão concentrados no projeto, além de permitir uma abordagem holística do projeto facilitando a comunicação e tomar decisões mais rápidas (CLARK; WHEELRIGHT, 1993).

Figura 8 - Tipos de estruturas organizacionais



Fonte: Clark e Wheelwright, 1993.

Clark e Wheelwright (1993) relatam que o tipo de estrutura organizacional depende do tipo e da quantidade de projetos. Em uma empresa cujo foco é em um único projeto de desenvolvimento, predomina o time autônomo, com toda a organização dedicada ao projeto. Para projetos incrementais, a estrutura funcional é uma abordagem adequada devido ao ambiente estável e à quantidade limitada de mudanças envolvidas nos mesmos, o que torna a divisão de tarefas (a passagem do projeto de uma função para outra) relativamente fácil. No entanto, se as taxas de mudança na tecnologia, nas posições competitivas e os requisitos dos consumidores se aceleram a estrutura funcional pode deixar a desejar.

O trabalho colaborativo dentro da equipe de projeto é importante para a qualidade do desenvolvimento, e a gerência deve incentivar a colaboração e cooperação entre os membros da equipe mostrando que esse compartilhamento é importante para o êxito do desenvolvimento e para a organização como um todo, criando um nível de confiança dentro da equipe fazendo com que os membros assumam responsabilidade pelos resultados do projeto (SONG; NEELEY; ZHAO, 1996; SARIN; OCONNOR, 2009).

No entanto, há evidências de que essas estruturas organizacionais não funcionam em todas as situações devido às restrições de barreiras, incertezas e atividades de integração, assim como uma estrutura organizacional pode não ser suficiente para gerar cooperação e comunicação adequadas (GRIFFIN; HAUSER, 1996). Para Tassarolo (2007) a simples adoção de uma equipe multifuncional para o desenvolvimento não garante a eficiência do mesmo. O autor acredita que disseminar uma visão clara do produto e compartilhar os objetivos de desenvolvimento entre os membros da equipe são aspectos essenciais para a ocorrência de uma integração interfuncional, além de evitar a necessidade de retrabalhos, podendo acelerar o desenvolvimento.

- **Co-localização e distância física**

Co-localização durante o desenvolvimento de produtos representa a união de pessoal de diferentes departamentos na mesma localização física. Em algumas empresas, os membros do mesmo departamento estão localizados no mesmo edifício, em outras estão no mesmo andar, em outras empresas estão na mesma ala de um edifício, e ainda em outras os membros do departamento estão na mesma seção. Independentemente do formato, o uso da co-localização tem as mesmas finalidades: permitir uma interação mais fácil e mais frequente entre membros de diferentes departamentos, isto é, reuniões diretas e cara a cara (KAHN, 1997; KIM; KIM, 2009).

A distância entre os departamentos pode diminuir a comunicação entre eles, por isso uma das soluções adotadas é a redução desta distância (GRIFFIN; HAUSER, 1996; LEENDERS; WIERENGA, 2002). Para Leenders e Wierenga (2002) o mecanismo de co-localização é o que apresenta maior efeito sobre a integração, ou seja, quanto mais perto os departamentos estiverem, maior a integração entre estes departamentos.

De acordo com Kahn (1997) a proximidade física entre os departamentos de DP e de Marketing levaram a níveis maiores de alcance de metas coletivamente, havendo entendimento mútuo; trabalhando informalmente em conjunto; compartilhando ideias, informações e/ou recursos; e trabalhando juntos como uma equipe. A proximidade entre os departamentos de Marketing e Fabricação refletiram níveis mais altos de alcance de metas coletivamente e compartilhamento da mesma visão para a empresa. Desse modo, mesmo com poucas conversas telefônicas e compartilhamento de relatórios, a quantidade de comunicação entre o pessoal permaneceu a mesma, enquanto a qualidade da comunicação aumentou (KAHN, 1997; HOEGL; ERNST; PROSERPIO, 2007). No contexto de co-localização entre o DP e Fabricação e o efeito sobre o desempenho da produção, quando os membros da equipe de PDP estão localizados fisicamente no mesmo lugar durante todo o processo de desenvolvimento, eles alcançam uma maior manufaturabilidade (ou seja, o aumento da taxa de melhoria da qualidade entre produção piloto e a produção inicial) do que quando uma equipe é organizada virtualmente (KIM; KIM, 2009; GRAY; SIEMSEN; VASUDEVA, 2015). No trabalho de Gray, Siemen e Vasudeva (2015) um executivo com anos de ampla experiência na fabricação de produtos farmacêuticos declarou que quando havia proximidade física entre os departamentos de DP e de Fabricação, havia reuniões sobre questões de qualidade e produção com o pessoal de Qualidade e de Fabricação e isso não acontecia rotineiramente quando os departamentos se localizavam distantes. Para ele, as reuniões sempre resultaram em boas decisões, enfatizando que a co-localização leva a uma melhor resolução de problemas.

Assim, a co-localização parece ser uma estratégia viável para melhorar o desempenho e a satisfação dos departamentos, pois os mecanismos de colaboração são face a face, pessoais e de natureza mais informal. A co-localização fomenta a interação interpessoal, promove a troca de ideias entre os departamentos e leva a uma melhor resolução de problemas multifuncionais e resultados de desempenho associados; quando há baixa proximidade, deve-se aumentar a qualidade do trabalho em equipe (KAHN, 1997; HOEGL; ERNST; PROSERPIO, 2007; GRAY; SIEMSEN; VASUDEVA, 2015).

- **Movimentação de pessoal ou *job rotation***

A movimentação de pessoas entre diferentes departamentos, conhecida também como *job rotation* (LEENDERS; WIERENGA, 2002), permite o compartilhamento de informações contextuais que são importantes para entender porque as decisões são tomadas, e no caso de falta de documentação formal do processo, esta informação é de suma importância. A movimentação do pessoal pode diminuir a incerteza técnica de um projeto, pois as pessoas podem levar consigo respostas para problemas técnicos não resolvidos previamente por meio do conhecimento adquiridos de contato com outros grupos, contatos ou amizades aos quais estão conectados. A movimentação é um meio valioso para compartilhar perspectivas sem pedir a um profissional para fazer um trabalho para o qual não foi treinado. Mas nem toda movimentação de pessoal é igual; as movimentações temporárias são mais eficazes a longo prazo porque melhoram a integração sem prejudicar competências funcionais fundamentais (GRIFFIN; HAUSER, 1996).

Brettel et al. (2011) afirmam que o envolvimento de representantes de Marketing em P&D, em estudo realizado, permitiu um entendimento de características importantes para o desenvolvimento de produtos, como a minimização da necessidade de reformulações dispendiosas, aumentando, assim, a probabilidade de desenvolver um produto bem-sucedido no tempo necessário.

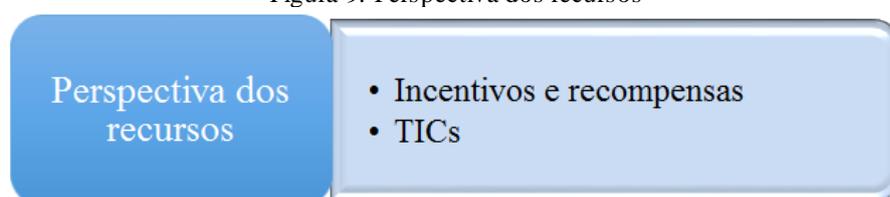
- **Redes ou sistemas sociais informais**

Muitos engenheiros afirmam que os processos formais não são o principal meio pelo qual as decisões de desenvolvimento do produto são influenciadas nas empresas. O contato informal substitui frequentemente os processos formais, podendo oferecer os conhecimentos necessários para resolver um problema específico ou identificar quem apresenta os conhecimentos especializados. A informalidade da integração reduz as barreiras linguísticas, permite uma maior quantidade de comunicação, aumenta a coordenação e a tomada de decisões e diminui as incertezas do projeto. As redes sociais informais nas organizações podem ser criadas por mecanismos tais como eventos e viagens de grupo informais, reuniões improvisadas e conversas rotineiras, o que facilita a transferência e a utilização da informação (GRIFFIN; HAUSER, 1996; LEENDERS; WIERENGA, 2002; SARIN; OCONNOR, 2009).

### 3.1.2.2 Perspectiva dos recursos

O rápido avanço nas tecnologias de informação e comunicação leva a esperar que todos os desafios associados a coordenação e transferência de conhecimentos através da distância teria diminuído ao longo das últimas décadas. Os recursos, como a internet, por exemplo, permitem que os membros obtenham informações relevantes em um curto espaço de tempo. Assim, tecnologias da informação e incentivos e recompensas são recursos utilizados pelas empresas com intuito de promover a integração interfuncional (Figura 9).

Figura 9: Perspectiva dos recursos



Fonte: Elaborado pela autora.

- **Incentivos e recompensas**

Incentivos e recompensas desempenham um importante papel na estimulação de comportamentos específicos dentro das organizações. Estes incentivos são aqueles que recompensam funções diferentes para alcançar um objetivo comum. As diferentes funções são muitas vezes recompensadas de acordo com diferentes objetivos. Por exemplo, o Marketing com base na quota de mercado, P&D em relação ao número ou excelência dos projetos ou produção em termos de padrões de qualidade ou níveis de custos. Esses incentivos individualistas não refletem a interdependência do trabalho nessas funções e podem levar a pressão sobre as decisões que estão mais de acordo com as metas e recompensas específicas de cada pessoa. Vincular o sistema de remuneração a um resultado comum, como retornos, sucesso de novos produtos ou lealdade à equipe em vez de lealdade à função, promoveria uma maior coordenação (GRIFFIN; HAUSER, 1996).

As percepções de desigualdade podem resultar em comportamento indesejável por parte de um indivíduo. Dispor de sistemas de recompensa iguais e oportunidades de carreira, para Marketing e P&D, contribui para uma maior integração. As oportunidades de remuneração e de carreira devem ser coordenadas e iguais para o pessoal de Marketing e de P&D (GRIFFIN; HAUSER, 1996; LEENDERS; WIERENGA, 2002).

- **Tecnologias da informação**

A baixa proximidade aumenta a importância do trabalho em equipe de tal modo que os processos colaborativos em equipe podem ser reforçados por meio de tecnologias avançadas de comunicação mediada por computador, como e-mail, videoconferência e intranet, e muitos outros softwares de colaboração.

As tecnologias baseadas na Web facilitam a comunicação dentro e entre as equipes de desenvolvimento de produtos além de resolver problemas como, perda de tempo, recursos e custos, qualidade do produto, prazo de entrega por meio da colaboração on-line com outros membros da equipe, permitindo a integração entre os planejadores de projeto, analistas de marketing, designers, fornecedores e planejadores de fabricação em tempo real, tornando a interação mais eficaz, pois faz com que a equipe de desenvolvimento de produtos esteja disponível para colaborar e coordenar de qualquer lugar a qualquer hora. Quaisquer alterações nas especificações do produto e rotinas de controle da qualidade podem ser atualizadas instantaneamente e verificadas, aumentando, assim, a eficiência global da produção (BANKER; BARDHAN; ASDEMIR, 2006; KWON et al., 2006; TSENG; ABDALLA; SHEHAB, 2006).

Reid et al. (2016) relatam que os artefatos de Tecnologias da Informação (TI) – por exemplo, e-mail, processamento de texto e software de planilhas, arquivos compartilhados, ferramentas de desktop – usados em todo o processo de desenvolvimento de novos produtos, melhoram e aceleram o envio e recebimento de informações e permitem que os usuários se comuniquem dentro e fora da empresa. Para o autor, o e-mail tem sido referido mais como “um habitat do que uma aplicação”, pois são mecanismos básicos para uma grande variedade de tarefas e, portanto, são usados com muita frequência; o e-mail está embutido no dia a dia de trabalho e fornece os meios para a maioria das comunicações. Há também os artefatos colaborativos de TI (por exemplo, sites de redes sociais, blogs e micro blogs, aplicativos de simulação virtual, *wikis*, software de gerenciamento de requisitos, sites de intranet dedicados, aplicativos de gerenciamento de ciclo de vida de produtos, compartilhamento de arquivos baseado em nuvem, videoconferência) que complementam e suportam os artefatos de TI mais genéricos e que permitem que os usuários se comuniquem dentro e fora da empresa.

Shao et al. (2006) desenvolveram um sistema colaborativo de gerenciamento da qualidade, chamado CQMS (*Collaborative Quality Management System*), para melhorar a eficiência em lidar com problemas de qualidade durante todo o ciclo de vida do produto. O sistema foi desenvolvido por uma empresa fabricante de automóveis, situada na China, o qual permite que os participantes trabalhem coletivamente em locais diferentes realizando atividades

comuns de qualidade através da internet, como gerenciamento, auditoria, controle, garantia e melhoria da qualidade. O CQMS atua como uma plataforma colaborativa para analisar e diagnosticar problemas de qualidade. Informações sobre qualidade do produto em diferentes estágios do desenvolvimento do produto, como informações de serviço do CRM (*Customer Relationship Management*), informações de fabricação de ERP (*Enterprise Resource Planning*) e informações de fornecedor relacionadas à qualidade podem ser transferidas para o CQMS que atua integrando esses diferentes sistemas de aplicativos empresariais.

A robustez dos meios de comunicação é um fator importante por permitir a colaboração em equipe durante o desenvolvimento do produto, além de armazenar dados, compartilhar eletronicamente as ideias de projeto entre os membros da equipe e realizar controle do desenvolvimento em tempo real. Esses recursos, além de facilitar a integração interfuncional, permitem que as equipes de projeto reduzam ou eliminem os tempos de atraso e melhorem a iteração dos processos de desenvolvimento para que os problemas de qualidade sejam detectados previamente no ciclo de vida do projeto. Estas melhorias estão associadas com reduções significativas nos tempos de ciclo de projeto do produto e custos de desenvolvimento (BANKER; BARDHAN; ASDEMIR, 2006) além de facilitar e eliminar barreiras de comunicação dentro de uma organização (DIETRICH et al.; 2010).

No entanto, selecionar e aplicar TI não é uma tarefa fácil e é preciso grande cuidado. A falta de infraestrutura de TI, disparidade na capacidade tecnológica, segurança da informação, falta de confiança entre os parceiros, falta de capacidade para transferir a informação não querendo compartilhar riscos e/ou recompensas e restrições financeiras, por exemplo, são algumas barreiras de implementação dessas tecnologias. Além disso, a implementação também pode ser dispendiosa, demorada e arriscada, e os parceiros podem não concordar com o sistema técnico a ser usado como, por exemplo, protocolos de comunicação, codificação de dados (MONTROYA-TORRES; ORTIZ-VARGAS, 2014).

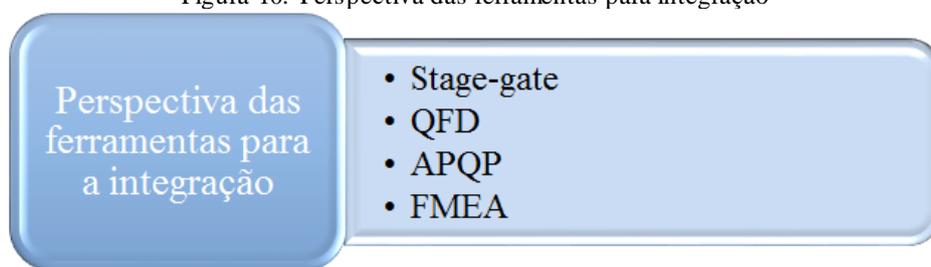
### **3.1.2.3 Perspectiva das ferramentas para a integração**

Os mecanismos de integração sob a perspectiva das ferramentas para a integração no desenvolvimento de produtos têm o intuito de especificar quais tarefas serão concluídas e qual a ordem em que elas serão realizadas. Griffin e Hauser (1996) relatam que algumas pesquisas mostraram que o uso de um processo formal de integração pode levar a melhores resultados de desenvolvimento ao definir regras e procedimentos podendo diminuir, significativamente, o tempo de desenvolvimento. Um gerenciamento ideal do processo de

desenvolvimento estrutura os processos de tomada de decisão entre os grupos funcionais, estabelece uma equipe sólida e altamente motivada além de compartilhar a informação de forma eficaz desde a sua origem para a tomada de decisão eficaz.

A gestão formal do processo de integração, segundo Griffin e Hauser (1996) e Leenders e Wierenga (2002) incluem ferramentas como QFD (*Quality Function Deployment*) e *Stage-Gates*. Além desses métodos, há também o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*) usados para apoiar a realização das atividades do PDP (ROZENFELD et al., 2006) e o APQP (*Advance Product Quality Planning*) que também é considerado uma ferramenta importante na gestão do PDP (CARBONE, 2005; ROCHA; SALERNO, 2014). Vide Figura 10.

Figura 10: Perspectiva das ferramentas para integração



Fonte: A autora.

- ***Stage-gate***

O *Stage Gate* consiste em um sistema ou um processo responsável pela condução eficiente e eficaz de projetos de novos produtos desde a concepção da ideia até o seu lançamento, e é baseado em um conjunto de fases e pontos de decisão (COOPER, 2008). Ao invés de isolar tarefas por função, os projetos são concluídos usando a participação simultânea de pessoas de múltiplas funções, isto é, as atividades são concluídas paralelamente ao invés de sequencialmente. O envolvimento precoce de todas as partes acarreta aumento das contribuições de outras áreas funcionais e da confiança entre elas e permite reduzir as incertezas técnicas e de mercado, o que, por sua vez, aumenta os lucros derivados dos produtos e diminui o tempo de desenvolvimento, devido a redução das barreiras de integração (GRIFFIN; HAUSER, 1996).

- **QFD**

O QFD fornece procedimentos para melhorar a comunicação por meio de um mecanismo de tradução da linguagem do cliente para a linguagem do engenheiro, fornecendo informações necessárias para a concepção de produtos e serviços que satisfaçam as necessidades dos clientes, bem como os documentos de projeto e segurança (GRIFFIN; HAUSER, 1996; JIANG et al., 2012; CHEN; LIU; WEN, 2012; MARINI et al., 2016). Os principais benefícios do QFD estão associados à redução do número de mudanças de projeto, planejamento e garantia da qualidade mais estável, diminuição do ciclo de projeto e dos custos de início da operação, entre outros (ROZENFELD et al., 2006; JIANG et al., 2014).

- **APQP**

O APQP (*Advance Product Quality Planning*) também é um método que favorece a gestão do processo de desenvolvimento de produtos e torna o planejamento da qualidade mais padronizado e operacional para que os problemas sejam evitados ao invés de consumir tempo “apagando incêndios”. O APQP deve apresentar os prazos de finalização de atividades suportes ao projeto, as quais estão relacionadas à validação da qualidade do produto e do processo do fornecedor, auxiliando na definição de prazos e atividades de desenvolvimento. Além disso, fornece uma visão comum das necessidades e atividades do projeto possibilitando o compartilhamento de informações ao longo do processo de desenvolvimento (CARBONE, 2005; ROCHA; SALERNO, 2014).

- **FMEA**

A Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA) é uma abordagem preventiva usada para projetar produtos e processos e assegurar que os objetivos de qualidade de projeto e de fabricação atendam consistentemente aos requisitos do cliente. Seu objetivo é evitar falhas potenciais em um produto ou processo o quanto possível, bem como os seus efeitos, identificando-as e avaliando-as, o que dará início a ações que possam reduzir ou até mesmo eliminar a ocorrência dessas falhas potenciais. Os resultados de um FMEA podem ser utilizados para priorizar os esforços para realizar modificações de projeto e aperfeiçoamentos de processos podendo reduzir falhas e riscos (STAMATIS, 2003; CHIN; CHAN; YANG, 2007).

O FMEA pode ser aplicado a todas as fases do ciclo de vida do produto, isto é, desde as fases de projeto e, existem quatro tipos principais: FMEA de sistema (*System FMEA*), FMEA de projeto (*Design FMEA*), FMEA de processo (*Process FMEA*) e FMEA de serviço (*Service FMEA*) (STAMATIS, 2005; WÜRTEMBERGER et al., 2014). A aplicação dos FMEAs requer esforços coordenados de engenheiros de vários departamentos da empresa, isto é, uma equipe multifuncional com conhecimentos técnicos variados, para se determinar, de maneira sistemática, todos os modos de falha potencial, os efeitos e as causas de cada modo de falha sobre o desempenho do produto, avaliação dos riscos e especificação das ações de melhoria. No entanto, as dificuldades encontradas são, geralmente, as inter-relações entre os vários modos de falha devido a informações incertas, imprecisas e limitadas (CHIN; CHAN; YANG, 2007; GUERRERO; BRADLEY, 2012).

### **3.1.3 Barreiras da integração interfuncional**

Os esforços para garantir a integração interna removem as barreiras funcionais, facilitam a partilha de informações e permitem a cooperação entre as funções. Com a falta de integração, funções diferentes podem trabalhar com diferentes objetivos e resultar em redundância de esforços e desperdícios de recursos, podendo causar um impacto negativo no custo e desempenho em qualidade (PAGELL, 2004). Song e Song (2010) identificaram barreiras importantes para a integração interfuncional entre a P&D e Marketing tais como separação física, incongruência de objetivos e diferença cultural:

- Separação física: em virtude da globalização e da expansão geográfica é comum os departamentos se localizarem em diferentes regiões. Os locais distantes diminuem a comunicação, que muitas vezes leva a um aumento dos ciclos de desenvolvimento e aumento de custos. Assim, a comunicação entre os membros face a face torna-se inconveniente e dispendiosa. Além disso, a distância geográfica restringe a integração informal a um nível inferior na medida em que diminui a chance de reuniões, transferência de informações e esclarecimentos de problema quando localizados em um mesmo ambiente (SONG; SONG, 2010).
- Incongruência de objetivos: normalmente, decorre das diferenças nas necessidades, aspirações e motivações dos trabalhadores de cada departamento (P&D e Marketing). Em geral, o pessoal de P&D está preocupado com a viabilidade técnica e eficácia funcional do produto; já o pessoal de Marketing está preocupado com a identificação e

atendimento às preferências dos clientes, uma vez que são mais detalhistas, além de usarem diferentes critérios de decisão e forma de pensar (SONG; SONG, 2010).

- Diferenças culturais: refletem nas concepções, experiências de trabalho e linguagens técnicas entre P&D e Marketing. Um resultado imediato da diferença cultural é que os membros da equipe multifuncional podem se concentrar em diferentes aspectos de um problema e interpretar a informação de forma diferente. P&D prefere resolver problemas científicos e Marketing prefere resolver os problemas de forma intuitiva. Desse modo, as diferenças culturais apresentam um grande potencial para a falta de comunicação, incompreensão e distorção de informações, dificultando a integração (SONG; SONG, 2010).

Além dessas barreiras, Montoya-torres e Ortiz-vargas (2014) destacam que a falta de tecnologia e de confiança, falha na decisão sobre com quem colaborar, mau entendimento de conceitos, princípios ou elementos de tal colaboração, excesso de informação (desnecessária), falta de conhecimento sobre como usar a informação, sistemas de informação imprecisos e até mesmo resistência às mudanças, também são algumas dificuldades encontradas para a realização de uma integração eficaz.

Uma abordagem integrada que exija o envolvimento das partes interessadas e compartilhamento de informações é necessária devido aos altos níveis de incerteza nos ambientes de desenvolvimento. Em algumas organizações há funções separadas para pesquisa, produção, marketing, vendas, clientes, varejo, entre outros. Para cada função há um departamento separado, com seus próprios diretores, objetivos, orçamentos, linguagem e, às vezes, em sua própria geografia, tornando-os altamente especializados. No entanto, a alta especialização pode impedir a comunicação e a transmissão de ideias entre os membros especializados. Além disso, pode ainda obstruir a integração organizacional devido a falta de percepção de dependências recíprocas (GRIFFIN; HAUSER, 1996), o que, muitas vezes, impede a comunicação eficiente e alinhada entre esses departamentos.

Ao mesmo tempo, há áreas funcionais muito diferentes agrupadas, podendo formar equipes multifuncionais, o que pode parecer uma alternativa melhor de comunicação, principalmente na resolução de problemas. Entretanto, os trabalhadores dessas equipes podem não ter a cultura que lhes permite transmitir e receber informações de forma amigável sem que os desafios sejam vistos como uma ameaça ao invés de uma atividade crítica na redução da taxa de falhas (DIJKSTERHUIS, 2016).

### 3.2 Integração interfuncional do Desenvolvimento de Produtos

O PDP possui diversas especificidades e consiste no conjunto de atividades que visam chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção para que a manufatura seja capaz de produzi-lo e acompanhá-lo após seu lançamento. Esse conjunto de atividades se desdobra a partir das necessidades do mercado, possibilidades e restrições tecnológicas considerando as estratégias competitivas da empresa (ROZENFELD et al., 2006).

O PDP é dividido em três macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento (Figura 11). O pré-desenvolvimento envolve o Planejamento Estratégico de Produtos e o Planejamento do Projeto e tem por objetivo definir o portfólio de produtos e projetos baseado no plano estratégico da empresa e nas oportunidades e restrições de mercado e tecnológicas. A macrofase de pós-desenvolvimento engloba as fases de acompanhamento do desempenho do produto e do seu processo de produção e da descontinuidade do produto, além da identificação das oportunidades de melhoria no produto, no processo produtivo e no PDP da empresa. As macrofases de pré e pós-desenvolvimento são mais genéricas e podem ser usadas em diferentes tipos de empresas. Já macrofase desenvolvimento está relacionada aos aspectos tecnológicos do produto, suas características e forma de produção, por isso as atividades relacionadas a esta macrofase são dependentes da tecnologia envolvida no produto (ROZENFELD et al., 2006).

A primeira fase do desenvolvimento, o projeto informacional, fornece as especificações-meta engendrada pelos requisitos e pelas informações qualitativas sobre o futuro produto. Com base nas especificações-meta do produto é realizado o projeto conceitual, fase na qual compreende as funcionalidades e características do produto de forma mais concreta por meio da busca de soluções para o problema de projeto, a modelagem funcional e a arquitetura do produto resultando na concepção do produto. Em seguida, a fase de projeto detalhado, engloba a concretização final do produto com as especificações finais, lista de componentes, desenhos finais podendo até gerar um protótipo funcional. A partir disso, o produto pode ser homologado e preparado para a produção. Nesta fase de preparação da produção, o produto é certificado com base nos resultados dos lotes pilotos (baixa escala), a produção é homologada e liberada para a produção em escala, quando for o caso. Em seguida, ocorre o lançamento do produto (ROZENFELD et al., 2006).

Figura 11 - Modelo do PDP



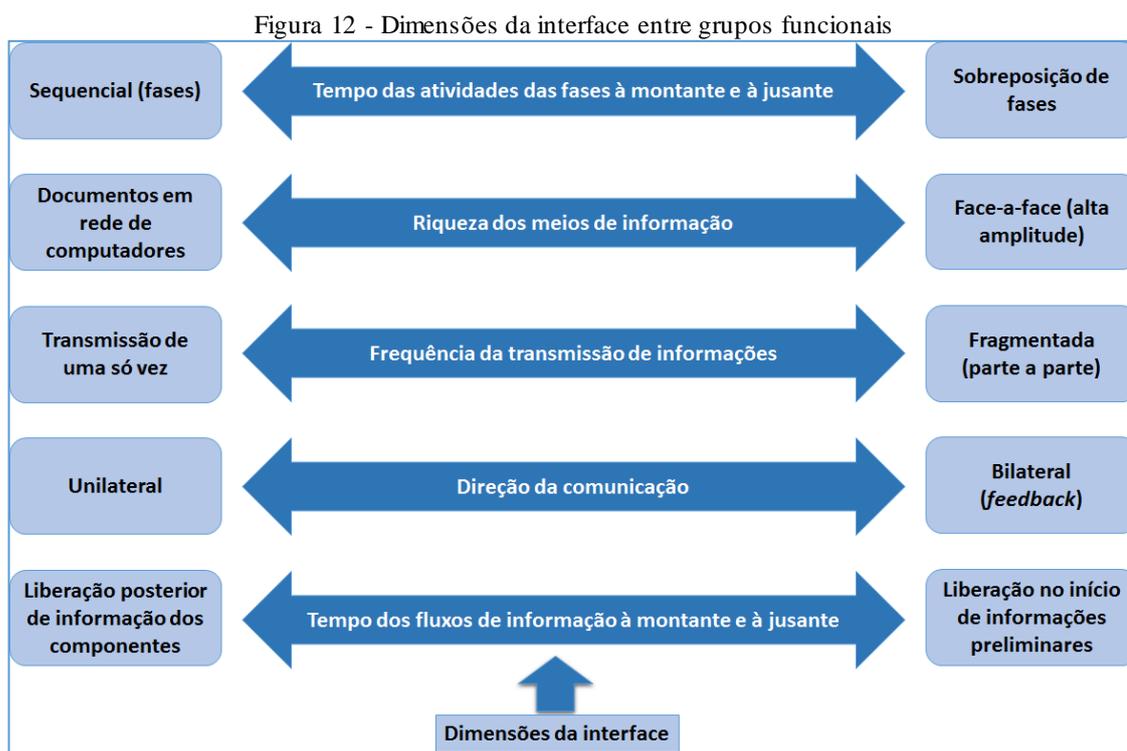
Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006)

O que determina o limite de uma fase é a entrega de um conjunto de resultados (*deliverables*) que, juntos, determinam um novo nível de evolução do projeto. Na passagem de uma fase para a outra, deve acontecer uma revisão e aprovação formal dos produtos e os *gates* possuem a capacidade de garantir que um conjunto de resultados foi bem-sucedido na fase concluída e se a equipe pode seguir para uma próxima fase. *Gates* (representados na figura 11) servem como pontos de controle da qualidade, pontos de decisão de *go/kill* e de priorização para decidir se passa para a próxima fase do processo ou não, além de reunir informações para uma melhor tomada de decisão (COOPER, 2008).

O desenvolvimento de produtos é um processo que depende de várias áreas e o pessoal que atua nesse processo está envolvido em muitas atividades interdependentes. Assim a integração entre as diversas funções de uma empresa, como por exemplo, Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Manufatura, Engenharia e Marketing, exerce um papel influente no sucesso do desenvolvimento de novos produtos (CLARK; FUJIMOTO, 1991; MILLSON; WILEMON, 2002; TESSAROLO, 2007).

Clark e Fujimoto (1991) demonstraram o papel positivo da integração entre equipes multifuncionais por meio da proximidade e comunicação contínua entre os membros da equipe, a fim de conseguir um melhor desempenho em tempo do PDP. Os autores identificam cinco dimensões de interface que determinam a natureza da integração entre os grupos funcionais (figura 12). À esquerda da figura 12, as atividades são realizadas de forma sequencial, ou seja, a próxima etapa só se inicia após o término da etapa anterior, e caracteriza-se por possuir uma comunicação limitada; à direita as atividades são realizadas paralelamente permitindo uma comunicação rica, densa e antecipada. As extremidades da figura 12 representam polos opostos na integração; à medida que se avança da esquerda para a direita no espectro determinado pelas duas extremidades, avança-se de um processo sequencial para um

processo simultâneo intensificando a frequência de transmissão de informações, o que reduz os riscos associados às mudanças do produto, facilita o gerenciamento e reduz o *lead time*. Mudar a comunicação de unilateral para bilateral cria base para o ajustamento mútuo entre as etapas anterior e posterior, envolvendo com antecedência a etapa posterior o que ajuda a “fazer certo da primeira vez”, melhorando a qualidade e reduzindo os custos de produção (CLARK; FUJIMOTO, 1991).



Fonte: Adaptado de Clark e Fujimoto (1991)

Griffin e Hauser (1996), em estudo sobre as cooperações multidisciplinares entre os departamentos de Marketing e P&D, concluíram que a taxa de sucesso do lançamento de novos produtos está diretamente correlacionada com a integração multidisciplinar entre essas duas áreas da empresa.

Kahn (1996) verificou como a interação e a colaboração afetam o desempenho do desenvolvimento do produto por meio de entrevistas com gerentes de Marketing, P&D e Produção de uma indústria eletrônica e constatou que a colaboração entre as áreas envolvidas influencia positivamente o desempenho do processo. Reuniões, fluxos de informações regulares e formais não necessariamente garantem o aumento de desempenho, tais práticas são dependentes da disposição interpessoal em realizar tais formalidades para que os resultados

esperados sejam alcançados. A presença de colaboração implica na existência de relacionamentos próximos e coesos e exerce um forte efeito na existência de interação.

Gomes et al. (2003) sugerem que os gerentes usem interação para estabelecer contato e familiaridade entre os departamentos de P&D e Marketing e, a partir deste processo, a colaboração vai emergir lentamente. Bai et al. (2017) mostram que o sucesso do desenvolvimento de novos produtos depende do compartilhamento de conhecimentos entre os vários departamentos da empresa e da capacidade de resolver efetivamente a interdependência das tarefas que a equipe multifuncional de desenvolvimento enfrenta.

Diversos autores, como Song et al. (1998), Olson et al. (2001), Gomes et al. (2003), Brettel et al. (2011) e Hempelmann e Engelen (2014) argumentam que a integração entre os grupos funcionais depende da fase em que o desenvolvimento de produtos se encontra, isto é, conforme a evolução do desenvolvimento a quantidade de cooperação entre as funções muda, uma vez que há diferentes necessidades e disponibilidades de informação fornecidas em cada etapa. Por exemplo, a integração de Finanças é especialmente importante na fase inicial do PDP, uma vez que Finanças fornece avaliações de negócios reduzindo a incerteza quanto a atratividade financeira e rentabilidade do produto (HEMPELMANN; ENGELEN, 2014); Marketing também tem uma participação mais ativa nas fases iniciais do desenvolvimento concentrando-se mais fortemente no conceito do produto, fornecendo estratégias de mercado e informando as preferências dos clientes (GRIFFIN; HAUSER, 1996; HEMPELMANN; ENGELEN, 2014); Vendas fornece informações específicas sobre as preferências de compra dos clientes (ERNST et al., 2010, TURKULAINEN; KETOKIVI, 2012; HEMPELMANN; ENGELEN, 2014). Já a integração entre Qualidade e o Desenvolvimento de Produtos tem elevada importância na execução e aprovação do conceito e desenvolvimento do produto conforme os requisitos dos clientes além de reduzir os custos de não-conformidade e a necessidade de alterações no produto (JING; YANG, 2009; CHAN; IP; ZHANG, 2012; KOCH et al., 2013; LUNDGREN; HEDLIND; KJELLBERG, 2015).

Song et al. (1998), Gomes et al. (2003) e Brettel et al. (2011) relatam que os efeitos da integração interfuncional além de estarem relacionados ao estágio em que o PDP se encontra, dependem também do grau de inovação (projetos incrementais ou radicais) e das funções específicas que cooperam. Para Gomes et al. (2003) a interação pode ser benéfica para produtos menos inovadores, enquanto a colaboração pode ser necessária durante o desenvolvimento de produtos revolucionários.

Olson et al. (2001) descobriram que um alto nível de cooperação entre os grupos funcionais de P&D, Marketing e Operações foi um fator crítico relacionado ao sucesso de

projetos inovadores. Para Eng e Ozdemir (2014), o sucesso de um novo produto é determinado pela forma como a empresa concebe, desenvolve e comercializa o novo produto, uma vez que o nível de integração funcional deve corresponder a diferentes situações, como o grau de inovação do produto e as características da empresa (ENG; OZDEMIR, 2014).

As tarefas e as responsabilidades de cada área funcional são diferentes e todas elas influenciam diretamente a eficiência total da empresa. Conseqüentemente, as decisões e as estratégias tomadas em diferentes áreas precisam ser consistentes com as demais áreas para garantir a eficiência total da empresa (MINGUELA-RATA; ARIAS-ARANDA, 2009, WONG; BOON-ITT; WONG, 2011; HUO; ZHAO; LAI, 2014).

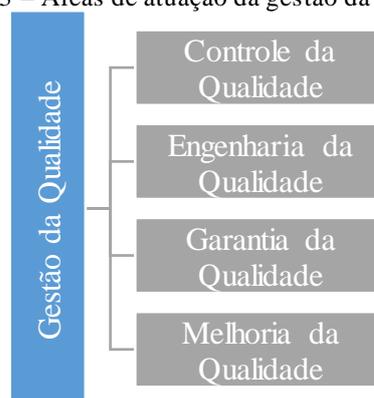
### **3.3 Integração entre o DP e a Engenharia da Qualidade**

A aplicação de princípios da qualidade para o processo de desenvolvimento de novos produtos, por muitos anos, vem tornando-se importante para o domínio da qualidade. No início da década 1990, as empresas americanas começaram a reconhecer que os princípios de gestão da qualidade eram necessários para gestão do processo de desenvolvimento de produtos. Feigenbaum (1991) indica as quatro principais rotinas da qualidade integradas nas etapas do PDP: (1) estabelecimento dos requisitos de qualidade do produto; (2) concepção de um produto que atenda esses requisitos; (3) planejamento para assegurar a manutenção da qualidade exigida e (4) avaliação da pré-produção do novo projeto e das instalações de fabricação para a liberação da produção.

A gestão da qualidade evoluiu passando por quatro estágios marcantes de acordo com Garvin (1992): a inspeção do produto, o controle do processo, os sistemas de garantia da qualidade e o gerenciamento estratégico da qualidade. Até a primeira metade do século XX, a prática de controle da qualidade era voltada para o controle e inspeção dos resultados dos processos de fabricação, para garantir a conformidade dos resultados com as especificações. Nas últimas décadas, o controle da qualidade ganhou nova dimensão, em que a garantia da qualidade se relaciona aos níveis tático e operacional da organização, enquanto a gerência estratégica da qualidade relaciona-se à qualidade ao nível estratégico. Assim, um sistema de qualidade pode ser visto como um sistema de administração, de garantia, de gerenciamento ou de gestão da qualidade com o intuito de tornar mais efetivo o trabalho das pessoas, equipamento e informações, assegurando a satisfação do consumidor a custos mínimos (TOLEDO et al., 2013).

A gestão da qualidade envolve as seguintes áreas de atuação: Controle da Qualidade, Engenharia da Qualidade, Sistemas de Garantia da Qualidade e Melhoria de Processos (Figura 13). O Controle da Qualidade está relacionado as atividades e técnicas de monitoramento de processos com o intuito de atender os requisitos de qualidade do produto. A Engenharia da Qualidade envolve as atividades de planejamento da qualidade do produto durante seu desenvolvimento, antes de iniciar a produção. Já os Sistemas de Garantia da Qualidade, que envolve um conjunto de atividades como Projeto, Suprimentos, Fabricação, Movimentação, etc., visa assegurar a qualidade dos processos e atividades realizadas a custos mínimos a fim de assegurar a qualidade do produto final e a satisfação dos clientes. A Melhoria de Processos é voltada para análise e melhoria dos processos existentes, a fim de aumentar a eficácia e a eficiência deles (TOLEDO et al., 2013).

Figura 13 – Áreas de atuação da gestão da qualidade

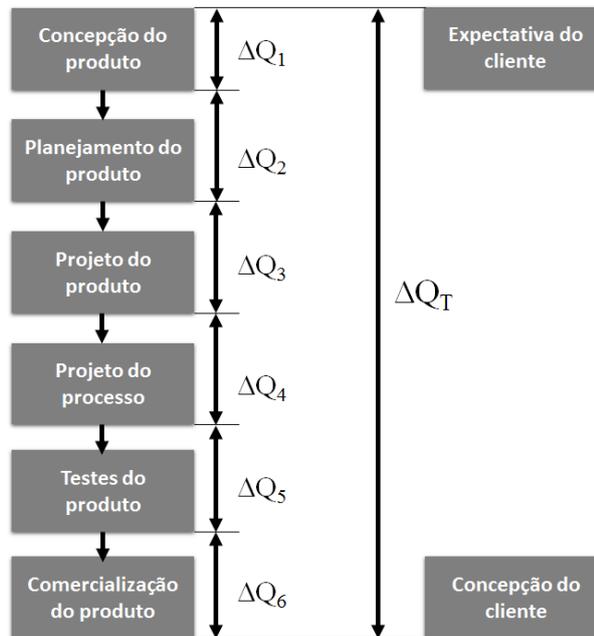


Fonte: Adaptado de Toledo et al. (2013)

Chen, Liu e Wen (2012) definem que o conceito de controle da qualidade no desenvolvimento é satisfazer as necessidades de qualidade do desenvolvimento de produtos, avaliando as tecnologias de operação e atividades para obter a qualidade do produto nos estágios do desenvolvimento. Além disso, há alguns fatores da qualidade que influenciam o DP como: o pessoal envolvido no desenvolvimento de produtos (nível cultural, nível técnico, tomada de decisão, habilidades e ética profissional do pessoal); o compartilhamento de informações do processo de desenvolvimento; métodos adotados (técnicas e ferramentas de desenvolvimento que influenciam a qualidade do mesmo) e ambiente (atmosfera de trabalho).

O PDP tem grande influência sobre a qualidade do produto e a qualidade total ao longo do PDP é formada pela identificação e gestão de lacunas da qualidade produzidas a partir de suas fases. Jing e Yang (2010), baseado no trabalho de Juran e Godfrey (1999), reconhecem seis lacunas da qualidade ao longo das etapas do PDP, demonstradas na figura 14.

Figura 14 – Problemas de qualidade no PDP



Fonte: Adaptado de Jing e Yang, 2010.

Nas primeiras fases do PDP, o conceito do produto é definido a partir da seleção de um grande número de ideias. A equipe de desenvolvimento precisa ter um conhecimento significativo dos clientes, tais como, por exemplo, demanda de clientes e reclamações feitas por eles, além do conhecimento de tecnologias relevantes e de aspectos financeiros a fim de traduzir as necessidades dos clientes para os requisitos técnicos e econômicos do produto. Neste início, o problema de qualidade está relacionado à discrepância de conhecimento relacionado a essas questões e à consolidação das expectativas do cliente que são limitadas pelas condições de fabricação, nível de planejamento e de gestão da empresa (JING; YANG, 2010).

Nas fases intermediárias, as lacunas de qualidade são consequências dos problemas das fases anteriores. Novamente, a discrepância do conhecimento entre as pessoas que entendem as expectativas dos clientes e as pessoas que projetam o produto, a falta de conhecimento do projeto, a deficiência de novas tecnologias e novos materiais e as limitações de capacidade dos membros do PDP e dos equipamentos da empresa são dificuldades encontradas para atingir as expectativas dos clientes (JING; YANG, 2010).

Nas fases finais, as limitações estão relacionadas ao uso de métodos de ensaio do produto inadequados, habilidade dos técnicos de testes e ensaios, irregularidades no compartilhamento de informações de qualidade do produto e processo. Além disso, há também os desvios nas operações de vendas e serviços, bem como na compreensão do cliente sobre o produto (JING; YANG, 2010).

As fases iniciais do PDP são a base do trabalho das fases seguintes, consequentemente, os problemas de qualidade nos estágios iniciais impactam a qualidade das fases posteriores (JING; YANG, 2010). A qualidade do produto percebida pelo usuário final consiste em duas dimensões de qualidade: qualidade de projeto e qualidade de conformação. A qualidade de projeto especifica o nível de aptidão para uso, ou seja, significa que as especificações de projeto devem estar em conformidade com as exigências dos clientes; e a qualidade de conformação indica quão bem o produto está em conformidade com as especificações exigidas pelo projeto (CLARK; FUJIMOTO, 1991; JAYARAM; NARASIMHAN, 2007). Se o projeto não refletir as exigências do mercado, o produto não poderá atender às suas demandas, mesmo que a fabricação esteja em conformidade com o projeto; e se a fabricação não estiver de acordo com as especificações do projeto, o produto acabado terá uma má qualidade e não irá satisfazer as necessidades dos clientes (ZHU et al., 2009). O controle da qualidade na fase de projeto reduz os desperdícios das fases posteriores, melhora a qualidade do produto e reduz o tempo de desenvolvimento e o custo (CHEN; LIU; WEN, 2012).

Algumas pesquisas estudaram a relação entre qualidade de projeto e qualidade de conformação (FYNES; BÚRCA, 2005; ZHU et al., 2009; WU, 2010; CHEN; LIU; WEN, 2012; CHIANG; CHEN; HO, 2016). Fynes e Búrca (2005) confirmam empiricamente o impacto significativo da qualidade de projeto sobre a qualidade de conformação, custo e tempo de lançamento do produto no mercado. Para os autores, garantir a qualidade em um produto desde as fases iniciais de projeto melhorará não só a qualidade do produto no mercado, mas também a competitividade dele. Chiang, Chen e Ho (2016) concluíram que as duas dimensões devem ser consideradas com o intuito de melhorar o efeito da estratégia de desenvolvimento em relação à qualidade do produto, fortalecimento da capacidade de obtenção de informações e respostas de mercado e facilidade de fabricação e manutenção. Zhu et al. (2009), Wu (2010) e Chen, Liu e Wen (2012) também acreditam que a fase de projeto é crucial para a melhoria da qualidade do produto. Um produto com qualidade de projeto inferior pode ter poucas chances de atrair pedidos de clientes, mesmo que o processo de fabricação ofereça uma eficácia de qualidade de conformação, pois, se a qualidade de projeto não estiver corretamente estabelecida, a obtenção de alta qualidade de conformação pode não fazer sentido econômico (WU, 2010). O controle da qualidade durante a fabricação geralmente não pode resolver os problemas que estão enraizados na deficiência de projeto. Portanto, a qualidade do projeto é decisiva para a qualidade do produto, de modo a criar mais valor para o cliente tornando-se

crucial gerenciar a qualidade a partir do início do processo de desenvolvimento em vez de se concentrar apenas na fase de fabricação (ZHU et al., 2009).

A atuação do departamento da Qualidade é essencial no desenvolvimento de produtos e a informação sobre a qualidade é o principal objeto do controle da qualidade. Os departamentos de Engenharia da Qualidade e DP possuem muitas atividades interdependentes que requerem o compartilhamento de informações como especificação do produto, qualidade, confiabilidade, testes e relatórios de avaliação, por meio da colaboração e comunicação entre os departamentos (CHAN; IP; ZHANG, 2012). A execução dessas atividades interdependentes pode se dar por meio de atividades de verificações da qualidade, como testes, ensaios, inspeções e validação dos resultados do PDP (ERIKSSON; MOTTE, 2013).

Além das atividades interdependentes, as ferramentas da Engenharia da Qualidade como QFD (Desdobramento da Função Qualidade) e FMEA (Análise de Modos de Falhas e Efeitos) também são meios de compartilhamento de informações da qualidade do produto, as quais são aplicadas para converter os requisitos do cliente em características de qualidade do produto e encontrar potenciais riscos de qualidade em um produto, respectivamente (JIANG et al., 2012).

A ausência de integração entre o Desenvolvimento de Produtos e Qualidade faz com que os membros da equipe de desenvolvimento sejam os únicos responsáveis pela concepção de produtos, preparação de protótipo, verificação e validações que inclui testes, ensaios, inspeções. Assim, poucos elementos de qualidade são considerados durante o desenvolvimento, e os requisitos de qualidade são determinados apenas por meio da capacidade dos engenheiros da equipe de desenvolvimento, uma vez que nenhum outro membro fornece informações que permitam o monitoramento dos níveis de satisfação do cliente (CHAN; IP; ZHANG, 2012).

Desse modo, as atividades interdependentes entre DP e Engenharia da Qualidade e a ferramenta DFMEA (FMEA de projeto) serão discutidas nesta dissertação como práticas de integração interfuncional entre DP e a Engenharia da Qualidade. As práticas são atividades, técnicas, métodos e ferramentas utilizadas para alcançar um resultado, neste caso, a integração entre os departamentos em questão (figura 15).

Figura 15 - Integração entre DP e Engenharia da Qualidade



Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.3.1 Atividades interdependentes entre o DP e a Engenharia da Qualidade

Durante o desenvolvimento de produtos, um planejamento do controle de qualidade pode ter como objetivo o estabelecimento de um certo nível de confiança tanto no desempenho futuro do produto a ser desenvolvido (conforme as especificações do produto) quanto nos procedimentos utilizados no decorrer do desenvolvimento. A abordagem de garantia da qualidade tenta assegurar que as atividades de desenvolvimento atinjam seus objetivos, aumentando a probabilidade do desenvolvimento ser bem-sucedido (ERIKSSON; MOTTE, 2013).

A integração entre o DP e a Engenharia da Qualidade se dá por meio de atividades de garantia da qualidade como verificação (testes, ensaios, inspeções) e validação (testes, pesquisas) e tem o intuito de auxiliar no diagnóstico de problemas de qualidade em todo o ciclo de vida do produto. Essas atividades baseiam-se principalmente na conformidade do produto com os requisitos, especificações, na funcionalidade do produto e na capacidade do

processo (KOCH et al., 2013; ROBERT; BJÖRN; DANIEL, 2015; KURNIATI; YEH; LIN, 2015).

As abordagens de validação e verificação são métodos usados para confirmar se um produto, serviço ou sistema cumpre suas respectivas especificações e sua finalidade pretendida. A verificação e a validação foram definidas de várias maneiras que não cumprem necessariamente as definições padrão. Por exemplo, artigos de revistas e livros utilizam os termos "verificação" e "validação" de forma equivalente ou, em alguns casos, há referência a "verificação, validação e teste" como se fosse um único conceito, sem distinção entre os três termos (MAROPOULOS; CEGLAREK, 2010).

Segundo PMI (2013) a verificação representa a avaliação da conformidade de um produto, serviço ou sistema com alguma regra, requisito, especificação ou condição imposta e, muitas vezes, é um processo interno. Em termos gerais, a verificação é um processo de controle da qualidade utilizado para avaliar se um produto, serviço ou sistema cumpre os regulamentos, especificações ou condições impostas no início da fase de desenvolvimento e pode se dar por meio de procedimentos de inspeção (KURNIATI; YEH; LIN, 2015).

A inspeção inclui atividades tais como medição, exame e validação com o intuito de determinar se o trabalho e as entregas atendem aos requisitos e critérios de aceitação do produto. As inspeções, às vezes, são chamadas revisões, revisões do produto, auditorias e homologações. Em algumas áreas de aplicação, esses diferentes termos têm significados exclusivos e específicos (PMI, 2013). Uma vez que fornece informações úteis sobre a qualidade do produto, a inspeção deve ser realizada em vários momentos durante o processo de desenvolvimento e incluem: inspeção de entrada, a qual compreende a inspeção de matérias-primas e de componentes do produto e inspeção de saída, relacionada à inspeção final do produto acabado para garantir a qualidade funcional e a aparência do produto (KURNIATI; YEH; LIN, 2015).

Segundo Juran e Godfrey (1999), os testes, assim como as inspeções, sempre envolvem a avaliação de uma característica em relação a um requisito específico. Então, o objetivo principal da inspeção e teste é determinar se produtos ou serviços estão em conformidade com as especificações. Os testes físicos ainda são considerados uma prática trivial da indústria, frequentemente ligados à certificação do produto os quais geram conhecimentos e dados valiosos que poderão ser utilizados para aprimorar o projeto de futuros produtos; por exemplo, os produtos aeroespaciais são submetidos a testes rigorosos para alcançar os critérios de certificação; do mesmo modo, fabricantes de automóveis são obrigados

a testar seus protótipos seguindo as normas de segurança (MAROPOULOS; CEGLAREK, 2010).

A execução da verificação inclui medições diretas ou indiretas, em todas as partes (100% de inspeção) ou em uma seleção de peças. As medições diretas são retiradas da própria peça por meio da implantação de sistemas de metrologia adequados ao tamanho físico e à escala dos artefatos e delineados de acordo com tecnologias existentes. A verificação indireta requer a adoção de dimensões inferidas de algo diferente da peça, por exemplo, medindo o padrão que é usado para montar a peça. Em componentes aeroespaciais, devido à criticidade dos mesmos, estão sempre sujeitos a inspeção de 100%, assim como os recursos de alto risco (KURNIATI; YEH; LIN, 2015).

A inspeção de aceitação é uma espécie de ponte intermediária entre inspeção 100% e inspeção zero, que possui a vantagem de utilizar menos recursos financeiros, esforço e tempo e, além disso, fornece regras de decisão para a determinação da aceitação do produto com base na amostra retirada do produto do lote, conhecida como amostragem de aceitação ou plano de amostragem. A amostragem de aceitação não é um substituto adequado para o monitoramento e controle do processo a fim de reduzir a variabilidade, além de não ser suficiente para avaliar ou fornecer qualquer forma direta de controle e melhoria da qualidade de um lote. No entanto, amostragem de aceitação é uma medida defensiva necessária, instituída como uma ferramenta de proteção contra a ameaça de deterioração da qualidade e fornece *feedback* significativa para o controle do processo; é como uma ferramenta de auditoria para garantir que a saída corresponda à exigência (KURNIATI; YEH; LIN, 2015).

A validação, por outro lado, é um processo de garantia da qualidade e proporciona um alto grau de garantia de que um produto, serviço ou sistema cumpre seus requisitos de uso pretendido (Babuska I, Oden JT, 2004; Plant R, Gamble R, 2003 apud MAROPOULOS; CEGLAREK, 2010). A validação normalmente requer a realização de testes físicos para confirmar as propriedades do produto, as dimensões e a funcionalidade geral do componente, subsistema e nível completo do produto (MAROPOULOS; CEGLAREK, 2010). Segundo Ulrich (2012) apud Robert, Björn e Daniel (2015) os procedimentos de validação incluem pesquisas por telefone, correio, internet ou face a face, onde o conceito de um modelo virtual ou físico é apresentado a clientes representativos, os quais são solicitados a avaliá-lo.

Em relação aos processos de fabricação, a validação é um meio de assegurar que os mesmos são capazes de produzir consistentemente um produto com a qualidade requerida e envolve a inspeção de falhas, análise de confiabilidade, análise de riscos e análise de reprodutibilidade. Além disso, a validação do processo é conduzida no contexto de um sistema

que inclui controle de projeto, garantia de qualidade, controle de processo e ação corretiva e preventiva (MAROPOULOS; CEGLAREK, 2010).

No entanto, o uso atual da validação no desenvolvimento do produto ainda é limitado, principalmente devido aos altos custos relacionados a pesquisas ou extensas entrevistas, ao longo tempo necessário para sua realização e aos resultados subjetivos devido à interpretação problemática dos resultados (ROBERT; BJÖRN; DANIEL, 2015). Ao não validar os conceitos do produto no desenvolvimento, as empresas arriscam obter não conformidade do produto acabado com os requisitos do cliente, e, portanto, a não aceitação do mesmo pelo cliente (ROCHA; SALERNO, 2014; ROBERT; BJÖRN; DANIEL, 2015). É comum a validação ser realizada por uma equipe de funcionários da empresa ao invés de validar o produto usando a impressão do cliente, o que pode elevar o risco do produto no mercado, uma vez que a avaliação do mesmo pode ser parcial (ROBERT; BJÖRN; DANIEL, 2015).

Contudo, as técnicas de verificação e validação do produto nunca podem compensar totalmente as falhas no desenvolvimento. Por isso, torna-se necessário a garantia da qualidade do produto a partir da fase de concepção (NEPAL; MONPLAISIR; SINGH, 2006).

### **3.3.1.1 Fases iniciais – projeto informacional e projeto conceitual**

A fase mais crucial do PDP é o projeto conceitual que envolve diversas informações sobre o produto, tais como as necessidades dos clientes, e onde há, também, muitas incertezas relacionadas a atributos e requisitos do produto tais como características, tamanhos, materiais e desempenho funcional (CHIN; CHAN; YANG, 2007; MARINI et al., 2016). A Toyota é conhecida por alocar esforços de trabalho nos estágios iniciais do desenvolvimento de produtos, desta forma eles são capazes de atenuar e resolver problemas potenciais com antecedência. Para Lundgren, Hedlind e Kjellberg (2015) a criação e gerenciamento de documentos como FMEA, APQP (Planejamento Avançado da Qualidade do Produto) resultam nessa alta carga de trabalho.

A qualidade do produto não depende apenas das atividades de controle e da inspeção no processo de fabricação. As decisões tomadas na concepção do produto e no planejamento do processo determinam as condições para a fabricação da qualidade certa. Cada processo de fabricação e operação devem ser projetados da melhor maneira possível pois cada passo do processo contribuirá e assegurará que o ciclo de desenvolvimento conduza à qualidade do produto certo (LUNDGREN; HEDLIND; KJELLBERG, 2016).

A integração da análise de riscos e de falhas desde a fase de concepção do produto (FMEA de projeto – DFMEA), assegura a qualidade do produto previamente, facilita as práticas de fabricação a longo prazo e reduz o tempo de desenvolvimento. É mais fácil tomar medidas nos estágios iniciais para superar os problemas de qualidade. Geralmente, o DFMEA precisa de informações históricas para desenvolver o produto e implementar melhorias, além de ser útil no tratamento de erro humano (CHAN; IP; ZHANG, 2012). Portanto, a introdução de análise de risco e DFMEA na fase de concepção do produto é fortemente recomendada, sendo um fator crítico para a garantia de qualidade, reeducação de custos e do tempo de desenvolvimento.

Para Chin, Chan e Yang (2007) tecnologias de sistemas baseados em conhecimento são propostas para ajudar os usuários a realizar a análise FMEA e apoiar a tomada de decisões em avaliações na fase de concepção do produto durante o desenvolvimento do conceito.

### **3.3.1.2 Fase intermediária – projeto detalhado (protótipo)**

Koch et al. (2013) propõem uma análise do gerenciamento da qualidade durante a fase de protótipo a fim de reduzir os desvios de qualidade e os custos de não conformidade durante as fases seguintes do desenvolvimento, tais como a fase de produção. Os protótipos são modelos analíticos ou físicos utilizados para testar, verificar e validar os aspectos técnicos e funcionais da concepção do produto em diferentes fases do processo de desenvolvimento (LIU; CAMPBELL; PEI, 2013; COLE, 2001). Nas fases iniciais do desenvolvimento, os protótipos são úteis para se ter um entendimento mais concreto do produto; em fases posteriores, eles podem revelar interferências entre os componentes e se o produto desempenha sua função efetivamente (COLE, 2001).

A fase de protótipo se caracteriza por baixos volumes de produção, utilização dos recursos de fabricação e avaliação das capacidades do processo de produção, a fim de atingir níveis mais elevados de qualidade tanto do produto quanto do processo. A transferência do protótipo para o produto causa muitas falhas imprevisíveis e os custos de não conformidade resultam, por exemplo, de retrabalho devido a desvios de qualidade ou de reconfigurações necessárias do produto ou da estrutura de produção (KOCH et al., 2013).

A colaboração da Qualidade visa garantir um nível suficiente de qualidade dos protótipos além de reduzir a quantidade de adaptações e alterações necessárias do produto, bem como do processo de produção por meio de testes. As atividades da Qualidade durante a fase

de protótipo não abrangem apenas os pontos e frequências de medição, mas também a detecção e avaliação de problemas em relação a níveis de qualidade definidos, a identificação das causas destes problemas e o desenvolvimento inicial de ações de melhoria (KOCH et al., 2013; COLE, 2001).

A aplicação do FMEA é adequada na fase de projeto detalhado em que as soluções de projeto do produto já foram confirmadas. As informações necessárias para o FMEA são relativamente mais fáceis de obter quando o projeto detalhado foi estabelecido. Integrar o FMEA desde o início do desenvolvimento, isto é, desde o projeto conceitual pode ser um desafio. (TEOH; CASE, 2004).

### **3.3.1.3 Fases finais – preparação da produção e lançamento do produto**

As atividades de inspeção e ensaio são vitais para garantir a qualidade do produto e do processo durante a fase de fabricação. O processo de planejamento de atividades de inspeção para a fase de fabricação, geralmente chamado de inspeção ou planejamento de teste, é uma atividade essencial da engenharia da qualidade e parte integrante do planejamento da qualidade durante o desenvolvimento de produtos. Entretanto, durante a fase de fabricação, a situação da qualidade muda devido a vários fatores internos e externos os quais estão relacionados a problemas da cadeia de suprimentos ou a processos de fabricação instáveis podendo levar ao aumento dos custos de falhas ou insatisfação do cliente. Na fase de aumento da produção, as atividades de ensaio previamente planejadas são avaliadas e ajustadas para garantir que os processos de inspeção sejam eficazes e eficientes. Assim, a fim de otimizar os custos da qualidade, os processos de inspeção e as atividades de ensaio devem ser adaptados a cada circunstância da fase de fabricação. Conseqüentemente, o planejamento da inspeção pode ser considerado como um projeto contínuo (KUKULIES; FALK; SCHMITT, 2016).

A intenção das metodologias de planejamento de inspeção é planejar e projetar atividades de inspeção e teste para garantia da qualidade durante a fase de fabricação. O planejamento da inspeção durante o desenvolvimento do produto e do processo envolve atividades como: definição das características de inspeção do produto e do processo; determinação do tempo e localização para os processos de inspeção no sistema de manufatura; definição da quantidade de inspeção; definição do tipo e do procedimento de inspeção; seleção do pessoal de inspeção; escolha do equipamento de inspeção adequado. Estas etapas do processo não são conduzidas sequencialmente, mas de forma iterativa, pois há uma forte interdependência entre todas as tarefas (KUKULIES; FALK; SCHMITT, 2016).

Os processos de inspeção baseiam-se principalmente em processos de fabricação e inspeção de gerações de produtos anteriores ou de grupos de produtos similares. Ao conceber um novo produto ou um novo processo de fabricação com especificações diferentes, o conhecimento sobre os riscos do produto e do processo, bem como os processos de inspeção adequados são raros e baseiam-se principalmente na experiência subjetiva do pessoal ou em considerações e métodos analíticos de componentes do sistema através da realização de um FMEA. Assim, os processos de inspeção durante a fase de fabricação são vitais para assegurar a qualidade do produto e do processo ao cliente (KUKULIES; FALK; SCHMITT, 2016).

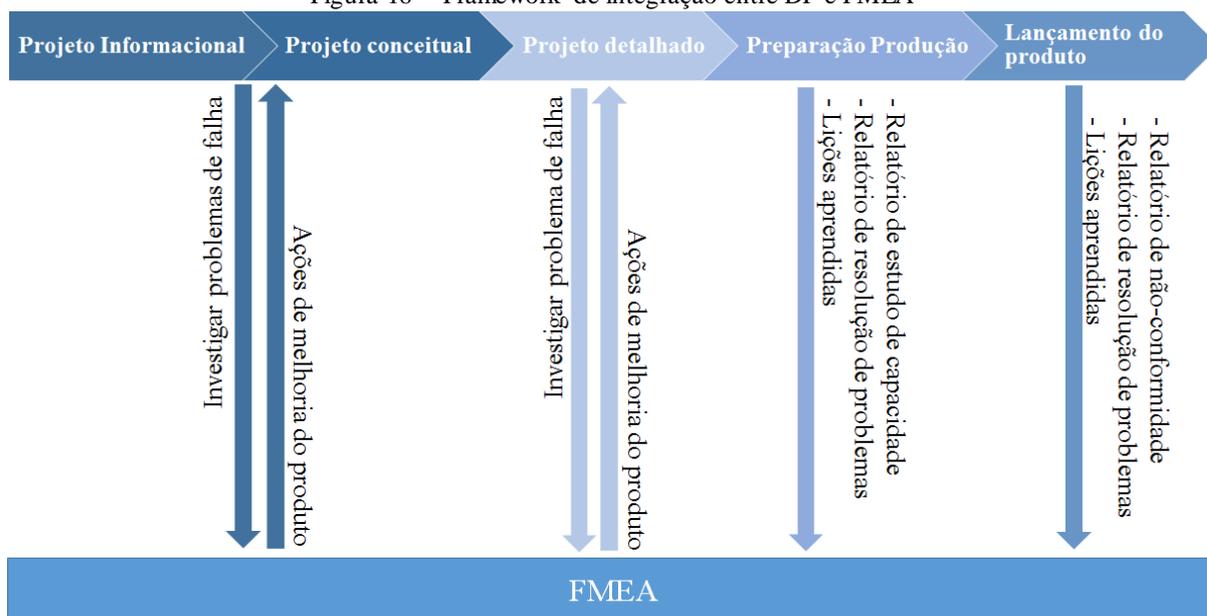
### **3.3.2 DFMEA – *Design Failure Mode and Effects Analysis***

O FMEA é uma ferramenta de melhoria cujo objetivo é auxiliar na identificação de possíveis falhas, realizar uma priorização estruturada dos modos de falha e, finalmente, eliminar ou resolver as falhas de produto e/ou processo, além de ser um meio de compartilhamento de informações da qualidade do produto (ZHENG; LIU; MCMAHON, 2010; JIANG et al., 2012).

O uso do FMEA se tornou popular devido à sua versatilidade, adotado em muitos setores industriais como no setor aeroespacial, na indústria automotiva, área de saúde (processos e instalações, por exemplo), sistemas de energia nuclear, sistemas de informações (riscos em hardware, software) e processamento de alimentos (GUERRERO; BRADLEY, 2012).

A fim de possibilitar a melhoria da qualidade dos produtos e processos, o FMEA pode ser integrado nas principais etapas do desenvolvimento do produto e um modelo de integração entre DP e FMEA foi desenvolvido por Zheng, Liu e McMahon (2010) (Figura 16) cuja metodologia e ferramentas propostas são capazes de facilitar a comunicação de informações entre Produção, Engenharia da Qualidade e Projeto de produto e processo. A eficácia da integração foi validada por um estudo de caso da indústria aeroespacial.

Figura 16 - Framework de integração entre DP e FMEA



Fonte: Adaptado de Zheng, Liu e McMahon (2010).

Geralmente, o FMEA é dividido em três níveis (Figura 17): FMEA de sistema (*System FMEA – SFMEA*), FMEA de projeto (*Design FMEA – DFMEA*) e FMEA de processo (*Process FMEA – PFMEA*) (STAMATIS, 2003; WÜRTEMBERGER et al., 2014).

Figura 17 – Integração dos tipos de FMEA ao longo do desenvolvimento de produtos



Fonte: Adaptado de STAMATIS (2003), WURTEMBERGER et al. (2014) e CABANES (2016).

O SFMEA é aplicado em sistemas e subsistemas para identificar problemas potenciais a serem solucionados nas fases iniciais do desenvolvimento (concepção do produto). O FMEA de projeto visa identificar e demonstrar soluções de engenharia para atender aos requisitos do FMEA de sistema e às especificações do cliente. Um DFMEA foca em modos de falha decorrentes do projeto (*design*) e funcionalidade do produto (TENG; HO 1996; STAMATIS, 2003), com o intuito de permitir que o produto tenha melhor qualidade e confiabilidade antes de liberá-lo para produção (LODGAARD et al., 2011). Finalmente, o FMEA de processo é usado para analisar os processos de fabricação e montagem. O foco do

PFMEA é definir como o processo de fabricação e montagem pode ser desenvolvido para garantir que os produtos ou tecnologias sejam construídos de acordo com os requisitos de projeto, ao mesmo tempo em que maximizem a qualidade, confiabilidade, produtividade e eficiência dos diferentes processos (TUMER; STONE, 2003; WAGNER et al. 2008 apud CABANES, 2016).

Segundo Stamatis (2003) há também o FMEA de serviço (*Service FMEA*) que é usado para analisar serviços antes de chegarem ao consumidor. Um FMEA de serviço foca em modos de falha causados por deficiências do sistema ou do processo.

### **3.3.2.1 *Uso do DFMEA***

O FMEA contém diversas etapas que devem ser executadas e o princípio da metodologia é o mesmo independente do tipo de FMEA. Um modelo em forma tabular, normalmente uma planilha padrão, com colunas predefinidas é usado para definir áreas de risco (Figura 18). Primeiro, analisa-se como cada função pode falhar de acordo com o tipo de modo de falha. Em seguida, será considerado o efeito que esses modos de falha terão sobre o produto se ocorrerem durante o uso do produto. Após o efeito, todas as causas de cada modo de falha devem ser investigadas. O resultado normalmente inclui mais de uma causa para cada um dos modos de falha porque cada modo de possui diversos tipos de causas diferentes e para garantir a não ocorrência, o controle preventivo e/ou de detecção é o próximo passo a ser considerado. Medidas preventivas típicas são teste de projeto, simulação e cálculo. O controle de projeto inclui todos os testes e outras atividades específicas que devem ser concluídas durante estas fases iniciais de desenvolvimento (fase de projeto). Além disso, a equipe FMEA avalia a gravidade dos efeitos, a probabilidade de ocorrência da causa e a probabilidade de detecção do modo de falha. Em seguida, realiza-se uma avaliação do potencial de risco de cada modo de falha e definição de medidas para sua eliminação ou redução. A avaliação e priorização de cada modo de falha são definidas através de três índices: (i) índice de severidade (S), que indica a gravidade dos efeitos provenientes de um modo de falha; (ii) índice de ocorrência (O), associado à probabilidade de ocorrência de um determinado modo de falha e causa; e (iii) índice de detecção (D), associado à probabilidade de detectar o modo de falha antes que ele chegue ao cliente, através de revisões de projeto, testes, medidas de controle de qualidade ou até mesmo por meio de medidas que previnam o uso indevido do produto por parte do usuário. O produto desses três índices permite obter um índice de risco de cada modo de falha chamado Número de Prioridade de Risco (NPR) (CHAO; ISHII, 2007; LODGAARD et al., 2011). A pontuação

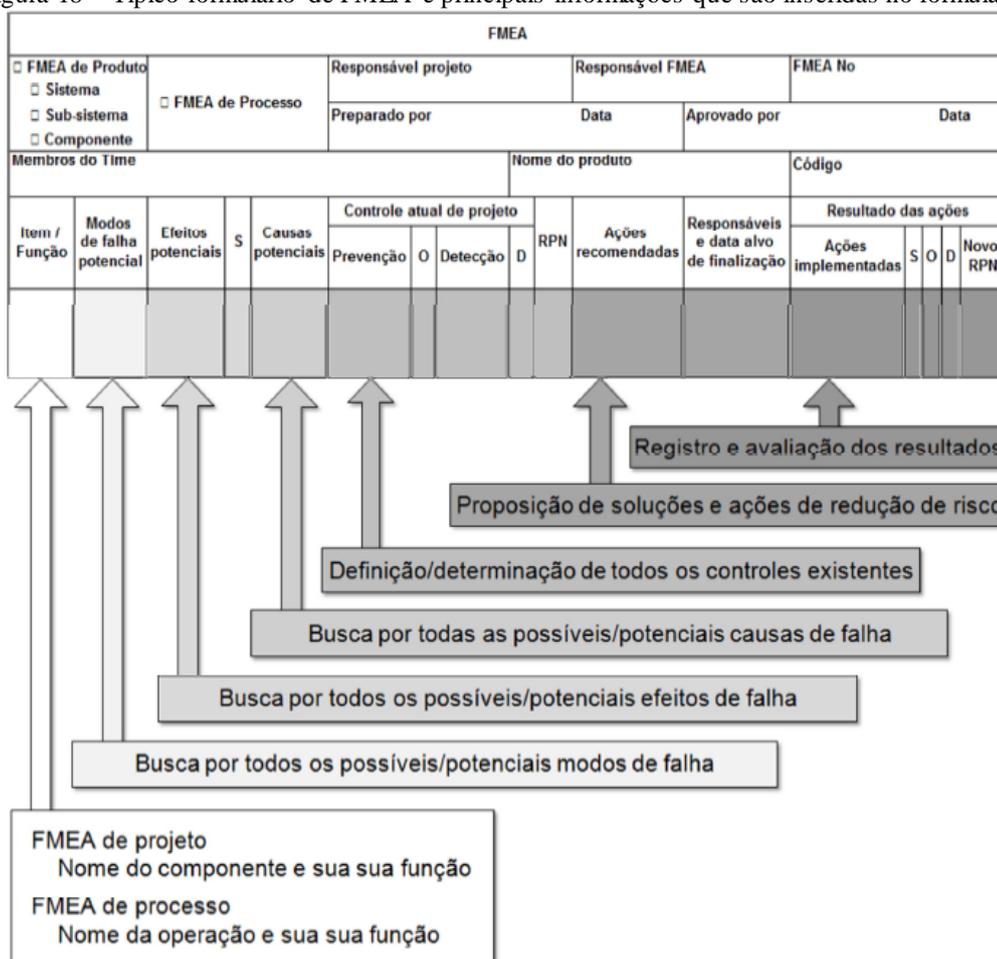
para a gravidade, ocorrência e detecção normalmente é definida de 1 a 10 (Quadro 5); o NPR máximo será 1000 e o mais baixo será 1. O resultado de um FMEA é um plano de ação onde as ações corretivas devem ser definidas, com base nos resultados de gravidade, ocorrências e detecção de cada modo de falha potencial. Quanto mais especificadas e detalhadas as informações de cada etapa, melhor a qualidade da informação (WÜRTENBERGER et al., 2014).

Quadro 5 – Escala para Severidade, Frequência e Detecção (nível 1 – 10)

Severidade	Frequência	Detecção
1 – Nenhum ou muito baixo impacto	1 – Muito improvável	1 – Sempre detectada
3 – Baixo ou médio impacto	3 - Ocasional	3 – Possivelmente detectada
5 – Médio impacto	5 – Moderada	5 – Não detectado facilmente
7 – Alto impacto	7 - Alta	7 – Geralmente não detectado
10 – Severo impacto	10 – Muito alta	10 – Nenhuma maneira de detecção

Fonte: GUERRERO; BRADLEY, 2012.

Figura 18 – Típico formulário de FMEA e principais informações que são inseridas no formulário.



Fonte: AIAG, 2008.

Não existe um procedimento padrão para a execução do FMEA, no entanto, muitos exemplos na literatura declaram que deve haver a seleção de uma equipe a qual deve ser definida de acordo com a natureza de cada projeto, destacando que o mesmo não pode ser realizado individualmente. Essa equipe deve coletar e categorizar os dados do modo de falha e para cada efeito de modo de falha inserir todas as causas com classificação de ocorrência assim como para cada causa, inserir controles do tipo prevenção e controles do tipo detecção, além de explorar os dados para uma resolução usando diferentes tipos de métodos, como brainstorming, análise de causa e efeito (diagrama de Ishikawa), simulação, outro FMEA, etc. (TENG; HO, 1996; STAMATIS, 2003; CABANES et al., 2016).

Para Guerrero e Bradley (2012), o FMEA é uma função de decisão em grupo e não pode ser feita individualmente. A equipe de FMEA muitas vezes demonstra opiniões e conhecimentos diferentes de um membro do grupo para outro e produz diferentes tipos de informações de avaliação, que podem ser completas e incompletas, precisas e imprecisas, conhecidas e desconhecidas devido à sua natureza multidisciplinar e multifuncional. O FMEA pode ser usado para coordenar um grupo de desenvolvimento que está disperso em continentes, fusos horários e organizações, de modo que a incidência de falhas de interface possa ser reduzida, pois é considerado um mecanismo que coordena grupos de desenvolvimento e compartilha informações sobre projeto do produto (GUERRERO; BRADLEY, 2012), configurando, então, um mecanismo de integração.

Muitas vezes, as falhas resultam da análise incompleta ou inadequada de cada situação, isto é, a equipe não consegue prever o grau em que os agentes externos afetariam o sistema ou não entendem o comportamento dos componentes do produto. Os erros de comunicação (como informações inadequadas) e de execução (como erros humanos – às vezes, as pessoas não terminam uma tarefa; outras vezes, elas a completam incorretamente) – também podem resultar em falhas (CHAO; ISHII, 2007).

Os pontos fortes mais evidentes do FMEA estão relacionados a utilização de um sistema simples e, se usado sistematicamente, garante uma cadeia de evidências e um forte vínculo entre teoria e conhecimento empírico, além da reutilização do conhecimento caso as soluções para os problemas identificados forem documentadas e utilizadas como entrada para novos projetos de desenvolvimento de produtos por meio da análise dos relatórios e lições aprendidas em fases de verificação e validação (CHAO; ISHII, 2007; ZHENG; LIU; MCMAHON, 2010; LODGAARD et al., 2011). Isso leva a uma partilha de conhecimentos através de análises conjuntas e fornece uma visão geral visual e fácil de ler sobre os itens que precisam ser abordados (LODGAARD et al., 2011).

Por outro lado, segundo Cabanes et al. (2016), o uso de listas genéricas de modos, efeitos e causas de falha, isto é, listagem das descrições padronizadas limitam a criatividade da equipe FMEA a "pensar fora da caixa", isto é, ter pensamento crítico e atitudes de identificar problemas que ainda não foram observados. Assim, desenvolver capacidades de aprendizagem para criar novos conhecimentos com o intuito de gerar “conceitos inesperados” é um desafio. Por isso deve-se assegurar uma equipe FMEA bem treinada e equilibrada, além de garantir a coordenação de cada departamento na execução e geração do relatório FMEA e a colaboração entre os membros da equipe multidisciplinar na execução do FMEA.

O FMEA é um documento vivo que precisa ser atualizado durante todo o desenvolvimento para alcançar a melhoria desejada. O Quadro 6 mostra um resumo das forças e fraquezas da utilização do FMEA obtidas nos estudos de Lodgaard et al. (2011).

Quadro 6 – Forças e fraquezas do FMEA

Pontos fortes do FMEA	Fraquezas do FMEA
Maneira estruturada de ilustrar e satisfazer os requisitos do cliente	Tempo consumido em proporção ao valor de saída
Equipe colabora sobre problemas de projeto	Dificuldade em decidir o nível de análise
Visão geral do produto estruturado em relação aos requisitos e sua gravidade	Dificuldade em alcançar uma classificação unificada entre a equipe
Visão geral de todos os riscos e ações conhecidas e potenciais para evitar falhas	Muito tempo despendido em questões óbvias
Visão geral de onde colocar outras ações necessárias para atender aos requisitos do cliente	O FMEA é usado porque é um requisito do cliente
Reduzir a quantidade de mudanças de <i>layout</i> nas fases posteriores, onde são mais dispendiosas	Não são estudos suficientemente aprofundados para análise de causas raiz – independentemente do nível
Reutilização de informações de FMEA existentes	Método subjetivo
Conhecimento extensivo sobre o produto	Dificuldade em obter o FMEA como um documento vivo
	Modos de falha podem ser ignorados
	Contém modos de falha que a equipe já considerou
	A reutilização do conhecimento entre equipes é difícil de conseguir

Fonte: Adaptado de Lodgaard et al. (2011).

O FMEA é um mecanismo que auxilia no rastreamento de falhas e na detecção de sua proveniência visando a redução dos problemas de qualidade tanto dos produtos como dos processos, por meio de decisões em grupo de pessoas cujo compartilhamento de informações e o envolvimento entre os mesmos é necessário. Os desafios de comunicação e colaboração, isto é, dificuldades em obter um entendimento e compartilhamento da mesma visão podem prejudicar as análises durante a realização de um FMEA. Essas constatações motivam investigar implicações gerenciais e práticas das contribuições na realização de um DFMEA pelas perspectivas da integração entre DP e EQ.

### 3.4 Resumo do capítulo

De forma sintética, a qualidade dos produtos e processos, isto é, a conformidade dos mesmos com as especificações, está atrelada a medidas preventivas oriundas do sistema de gestão da qualidade. A integração entre DP e Engenharia da Qualidade requer o compartilhamento de informações como especificação do produto, qualidade, confiabilidade, testes e relatórios de avaliação, por meio da colaboração e comunicação entre os departamentos. Entretanto, diferentes maneiras, funções e questões físicas são elementos que se transformam em barreiras de integração. Assim, para uma maior coordenação, a ocorrência da integração interfuncional pode ser auxiliada por diferentes mecanismos, os quais podem ser analisados sob os pontos de vista organizacional, dos recursos e das ferramentas para integração (Figura 19).

Figura 19 – Mecanismos de integração em relação à perspectiva organizacional, dos recursos e das ferramentas para integração



Fonte: Elaborado pela autora.

A Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA) que visa otimizar a qualidade dos produtos reduzindo as falhas dos mesmos durante o desenvolvimento é uma das principais ferramentas da Engenharia da Qualidade. Além disso, o FMEA é realizado por uma equipe multifuncional cuja interação e colaboração entre os membros da mesma são fundamentais para garantir a qualidade dos produtos desde as fases iniciais do desenvolvimento, fazendo com que problemas de qualidade das fases posteriores sejam reduzidos ou até mesmo eliminados. Entretanto, as análises durante a realização dos FMEAs podem apresentar algumas dificuldades devido a problemas relacionados à comunicação, compartilhamento de informações

insuficiente e falta de envolvimento entre as pessoas. Desse modo, a principal proposta de estudo da presente pesquisa buscou compreender as práticas de integração, sob o conceito de interação e colaboração entre o DP e EQ, durante a execução de um FMEA nas fases iniciais do desenvolvimento, isto é, durante a realização de DFMEA a fim de verificar como esta ferramenta contribui nesta integração.

## 4 ESTUDO DE CASOS

O presente capítulo apresenta os casos das empresas estudadas e as práticas de integração, como as atividades interdependentes e uso do DFMEA, adotadas por cada uma. O capítulo encontra-se dividido da seguinte maneira: a apresentação individual de cada caso e análise comparativa entre eles e deles com o referencial teórico. Dessa forma, os casos se iniciam por uma breve caracterização da empresa. Em seguida, descrevem-se as principais atividades que a Engenharia da Qualidade realiza nas fases do desenvolvimento de produtos, a utilização de práticas de integração e dos mecanismos que as possibilitam e, mais especificamente, uma descrição de como é o uso do DFMEA. Ao final é realizada uma análise das singularidades de cada caso e uma análise comparativa das práticas observadas.

### 4.1 Caso A

#### 4.1.1 Apresentação da empresa e do PDP

A empresa A é uma multinacional de bens de consumo e está presente em mais de 150 países, sendo o Brasil seu terceiro maior mercado. Fabrica mais de 50 milhões de produtos por ano e possui, aproximadamente, 50 mil colaboradores em todo o mundo. No Brasil, a organização conta com três fábricas e cerca de 7000 colaboradores. Os principais dados da organização então descritos no Quadro 7.

Quadro 7 – Caracterização da empresa A

Características	Empresa A
Tipo	Multinacional
Setor	Bens de consumo
Porte	Grande
Número de colaboradores total no Brasil	7000
Número de fábricas no Brasil	3

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o estudo na empresa A o instrumento de coleta de dados foram entrevistas realizadas com pessoas ligadas ao departamento de Engenharia da Qualidade (diretor e supervisor da Qualidade) e de Engenharia do Produto (líder de projeto e gerente de Engenharia do Produto). Para complementar os dados obtidos, houve troca de e-mails, conversas telefônicas e esclarecimento de dúvidas com os entrevistados.

O PDP é dividido basicamente em três macrofases: Planejamento do Produto, Desenvolvimento do Produto e Lançamento do Produto (que envolve o pós-venda). Cada macrofase possui uma série de etapas, as quais os entrevistados não tiveram autorização de divulgá-las por orientação da empresa, porém foi relatado que o processo de desenvolvimento é semelhante aos modelos de referências tradicionais na literatura de DP.

O PDP possui cerca de 3 líderes de projetos que pertencem ao departamento de Engenharia do Produto e a formação da equipe de desenvolvimento ocorre conforme a necessidade de atividades a serem realizadas nos projetos e a disponibilidade do pessoal de cada departamento. A equipe de desenvolvimento de produtos é formada pelo pessoal de Marketing, Design, Engenharia do Produto, Logística, Compras, Engenharia da Qualidade, Manufatura, Processo, Pós-Venda, entre outros, e conforme a fase do desenvolvimento, alguns departamentos não têm atividades a serem executadas devido à necessidade da mesma, portanto, eles apenas as acompanham, enquanto outros as realizam.

O líder do projeto de desenvolvimento é responsável por determinar o cronograma do projeto como as datas de cada *checkpoint (gates)* e, juntamente com o departamento de Engenharia do Produto, definir as atividades a serem realizadas durante o DP. As datas de cada *checkpoint*, a composição das equipes de desenvolvimento e as atividades necessárias para o desenvolvimento são determinadas conforme a complexidade de cada projeto, seja ele incremental ou radical, e uma mesma pessoa pode estar envolvida em mais de um projeto concomitantemente.

#### **4.1.2 Práticas de integração entre DP e Engenharia da Qualidade da empresa A**

Os departamentos Engenharia do Produto (EP) e de Engenharia da Qualidade (EQ) localizam-se em cidades distintas, isto é, não estão co-localizados e a EQ da empresa realiza atividades imprescindíveis durante o DP, como: elaboração do plano da qualidade (desenvolvimento do DFMEA); estimativa média de falhas que o produto vai apresentar em campo (baseado em histórico de outros projetos e experiência do pessoal do departamento da EQ envolvido); auditorias e avaliação de fornecedores; aprovação de itens novos (a EP realiza

as especificações e a EQ realiza os testes); métodos de ensaios (testes exaustivos em diversas etapas – etapa de prototipagem, etapa de teste em peças definitivas, etapa de testes no processo), avaliação de conformação e validação de produtos e processos de manufatura, inspeções em matérias-primas como em produtos, entre outras.

Na macrofase de Planejamento do Produto ocorre a avaliação e identificação das possíveis oportunidades de mercado, que é realizada pelo departamento de Marketing, características (genéricas) dos produtos a serem desenvolvidos e os motivos que levarão a desenvolver o produto. Assim, Marketing se reúne com os departamentos de EP, que fornecerá soluções para as necessidades levantadas, e de Design, que elaborará as características do produto (*layout*), ou seja, ocorre uma interação e colaboração entre os departamentos. Nesta macrofase, a integração da EQ foi descrita como contingencial, ou seja, varia conforme a complexidade do projeto. Os departamentos de Marketing, Engenharia do Produto e Design solicitam sua participação apenas quando surgem questionamentos relacionados ao produto a ser desenvolvido. Por exemplo, quando o projeto é muito inovador para a empresa, é necessário o compartilhamento de informações com a EQ seja por reuniões entre as equipes, telefonemas, relatórios, a fim de verificar se há um fornecedor que atenda aos requisitos do produto ou identificar algum outro no mercado, para que o projeto seja aprovado para desenvolvimento.

A aprovação do projeto acontece em uma reunião de *checkpoint (Gate)*, onde diversos departamentos participam, inclusive a EQ, e, assim, inicia-se a macrofase de Desenvolvimento. Nesta macrofase, a EQ desenvolve atividades de comunicação e colaboração em todas as suas fases e, conforme a evolução do desenvolvimento, a integração torna-se mais essencial.

Uma das primeiras fases do Desenvolvimento está relacionada ao conceito do produto, onde o mercado, os conceitos técnicos do produto, os investimentos necessários e etc. são definidos. Nesta fase, ainda não há ensaios e testes a serem feitos e a interação e colaboração da Engenharia da Qualidade se dá na elaboração do Planejamento da Qualidade que envolve o DFMEA, planejamento dos testes que serão realizados no produto ao longo de todo o desenvolvimento, e a determinação dos índices de reclamações em campo a partir do desenvolvimento de um protótipo estético, o qual é verificado com os possíveis usuários para que os mesmos tenham, ao menos, a percepção de como o produto será fisicamente, podendo ser, também, uma representação virtual.

A EP é responsável por determinar as especificações do produto e os itens que serão utilizados no mesmo. A EQ é responsável por realizar os testes de qualidade dos itens especificados (peças, amostras) para a identificação de problemas potenciais (falhas), além de

avaliar a qualidade de fornecedores por meio da verificação e validação e planejar o processo de fabricação. Dependendo da complexidade do projeto, os membros da EQ se deslocam até a cidade onde a EP se localiza para auxiliá-los na montagem do protótipo funcional, na identificação e resolução de problemas, e realização de melhorias quando necessário na busca de objetivo comum que consiste na minimização de falhas do produto. O protótipo funcional é testado em campo, com possíveis usuários e nos laboratórios da empresa, por meio de simulações, e a EQ colabora ao acompanhar o seu desempenho, verificando e analisando as falhas que surgem, e as que poderão surgir, durante seu uso e documentando os resultados em relatórios.

Após os testes no protótipo, fabricam-se os primeiros lotes pilotos de produtos. Geralmente, são fabricados 3 lotes: lote de verificação do projeto, lote de verificação da manufatura e lote de verificação da produção em escala. O primeiro lote tem a finalidade de verificar a conformidade do produto com as especificações de projeto. Deste modo, a EQ realiza testes exaustivos no produto em laboratório (físicos, químicos, elétricos, de confiabilidade, etc.) e em campo, onde ela define quem serão os parceiros que testarão os produtos, a quantidade e a localização deles, etc. Como o Brasil é um país geograficamente amplo, os produtos devem ser testados em diversas regiões devido às variações climáticas, suprimento de energia elétrica, umidade relativa e etc., de modo que os produtos suportem essas situações adversas. No segundo lote, a EQ, juntamente com o departamento de Manufatura, avalia a conformação do processo de fabricação, isto é, se o processo de manufatura atinge as especificações do produto. Já no terceiro lote, a EQ verifica a capacidade do processo de fabricação em condições normais de produção, ou seja, a capacidade da produção em escala.

Após a realização de testes e inspeções em todos os lotes pilotos, o produto é avaliado no *Gate* para que seja validado e lançado no mercado. Após seu lançamento, a EQ é responsável por acompanhar seu desempenho no mercado e avaliar as falhas relatadas pelos consumidores, com o intuito de identificar melhorias necessárias.

O quadro 8 apresenta um resumo das principais atividades realizadas pela Engenharia da Qualidade em cada fase do desenvolvimento, isto é, as atividades específicas e interdependentes que podem ser consideradas como práticas de integração entre DP e EQ.

Quadro 8 – Principais atividades realizadas pela Engenharia da Qualidade durante o DP da empresa A

Fases do desenvolvimento	Atividades
Fases iniciais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de características dos produtos apenas quando os departamentos de EP, Marketing e Design acharem necessário.</li> <li>• Identificação de fornecedores potenciais</li> <li>• Elaboração do Planejamento da Qualidade (DFMEA, planejamento de testes, ensaios e inspeções, determinação dos índices de reclamações em campo)</li> <li>• Análise do protótipo estético</li> </ul>
Fase intermediária	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Testes, ensaios e inspeções de peças e amostras,</li> <li>• Verificação e validação de fornecedores e do processo de fabricação,</li> <li>• Acompanhamento do desempenho do protótipo funcional, verificando e analisando as falhas.</li> </ul>
Fases finais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliações de conformidade dos lotes pilotos (Testes, inspeções e validações de produto e processo)</li> <li>• Acompanhamento do produto no mercado (reclamação de consumidores, índice de falhas, etc.)</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora.

Todas as informações e resultados de cada atividade relacionada ao DP como, por exemplo, avaliação de conformação de qualidade, testes, especificações, inserção de um item novo, análise de mercado, análise financeira, índice de falhas tanto em itens como em produtos etc. são documentados formalmente em relatórios, os quais são compilados em um software próprio da empresa, onde todos os departamentos envolvidos no DP possuem acesso. O intuito é compartilhar todas as informações necessárias relacionadas ao produto que está sendo desenvolvido.

Em todas as fases, cada departamento é responsável por uma entrega (conjunto de resultados) a qual, posteriormente, será discutida nos *checkpoints*. Os *gates* são reuniões formais que acontecem periodicamente ao final de cada fase, e tem a finalidade de verificar e avaliar o andamento do projeto e revisar o conjunto de resultados a fim de resolver, presumir e discutir problemas, validar o projeto e criar um plano de ação para a fase seguinte.

Em um determinado *gate*, por exemplo, a EP é responsável por compartilhar informações e/ou requisitos do produto; Marketing e Vendas são responsáveis por informar os possíveis concorrentes, preço do produto, quantidade de vendas, entre outros; a EQ compartilha os resultados dos testes do produto realizados em campo e em laboratório. Essas informações são discutidas e analisadas por todos os membros, e caso alguém perceba que possa haver o surgimento de algum problema, o projeto é interrompido até que encontrem uma solução para dar continuidade ao mesmo. Os *gates* envolvem apenas os gerentes de cada departamento (Marketing, Manufatura, Engenharia da Qualidade, Engenharia do Produto, entre outros) juntamente com os diretores da empresa e a comunicação ocorre por meio de videoconferência com compartilhamento de tela devido à questão da distância geográfica dos envolvidos, que se

localizam até mesmo em países diferentes. O compartilhamento de tela permite modificações em tempo real, bem como compartilhamento arquivos, podendo incluir apresentações em Power Point, gráficos, tabelas e etc.. Os principais assuntos tratados são documentados (atas e relatórios) e, posteriormente, são disponibilizadas no software de gestão da empresa, possibilitando o compartilhamento da informação aos demais de cada departamento.

A integração entre EP e a EQ não ocorre somente nos *gates* e no software da empresa. Antes dessas reuniões formais, os departamentos, segundo os quatro entrevistados da empresa A, desenvolvem atividades conjuntas e compartilham informações, mesmo localizados geograficamente distantes. Semanalmente, os gerentes de EP e EQ se comunicam por telefone ou via Skype durante uma hora e meia aproximadamente, a fim de trocar informações sobre o andamento do projeto, metodologias de boas práticas, compra de novas ferramentas, cálculo de incertezas, etc. e caso haja alguma solicitação específica, por exemplo compra de ferramentas, a mesma é documentada no software e enviada por e-mail aos responsáveis. Há também o uso frequente de WhatsApp e compartilhamento de arquivos em nuvem.

Nas fases iniciais do desenvolvimento (definição de especificações e conceito), como a interação e a colaboração da EQ é baixa e ocorre apenas quando há a necessidade de esclarecimento de dúvidas sobre o produto em questão, a comunicação entre os departamentos normalmente é via telefone e/ou e-mail e caso haja necessidade de uma análise mais detalhada do produto ou peça, há o uso do sistema CAD para o compartilhamento de detalhes do produto. Quando a EP cadastra um novo item no software da empresa, que será utilizado em novo produto, a EQ recebe a notificação por e-mail desse novo cadastro, e em seguida recebe a amostra para a realização dos testes de qualidade; sem colaboração da EQ por meio da realização desses testes, a peça não pode ser utilizada. Durante os testes, quando surge algum problema na peça, por exemplo, de especificação, a maneira de solucionar mais rapidamente é compartilhando fotos, vídeos via e-mail, nuvem ou WhatsApp com o pessoal da EP. Dependendo da relevância do problema, as equipes se deslocam e se encontram pessoalmente a fim de melhorar a comunicação e desenvolver um entendimento comum na busca de uma solução eficiente.

Esporadicamente, quando os testes de qualidade a serem realizados são em uma peça ou item mais simples e usual e a EP possui mecanismos e ferramentas para a realização dos testes, ela realiza-os a fim agilizar o processo de desenvolvimento e interage com a EQ enviando os dados necessários via e-mail ou por meio do compartilhamento de arquivos em nuvem elaboração dos relatórios e documentação.

Os protótipos, tanto o estético como o funcional, são feitos pela EP. No desenvolvimento do protótipo estético, comumente, a EQ apenas acompanha-o virtualmente (CAD, e-mail, WhatsApp). Já no protótipo funcional, a EQ além da realização dos testes e ensaios nas amostras, dependendo da complexidade do projeto, o pessoal da EQ se desloca até o departamento da EP, para colaborar na construção do mesmo pessoalmente. Um motivo para tal acontecimento pode ser a existência de grandes incertezas em projetos radicais, pois em projetos incrementais as informações referentes ao produto estão consolidadas na empresa.

Já na fabricação dos lotes pilotos, não só o pessoal da EP, mas todos os envolvidos no projeto de desenvolvimento, isto é, toda a equipe multifuncional de desenvolvimento, acompanha a fabricação pessoalmente, cada qual interage e colabora com sua análise conforme seus critérios específicos (por exemplo, EP e EQ aprovam os componentes do produto; Manufatura avalia a adequação da montagem do componente e Logística analisa o transporte do componente).

Há um índice relacionado às falhas dos produtos em campo. Esse índice possui um valor máximo permitido para cada gerente, supervisor e operador conforme a fábrica, linha e tipo de produto. Assim, todos possuem o objetivo de manter esse índice o mais baixo possível pois, um alto valor do mesmo impede o lançamento do produto no mercado, comprometendo a lucratividade da empresa e conseqüentemente a participação dos colaboradores nos lucros da empresa. A tentativa de manter esse índice em um valor mínimo faz com que os colaboradores, desde a alta administração até a área operacional, desenvolvam atividades conjuntas e de comunicação com o intuito de trabalharem de maneira adequada e eficaz, na busca de objetivo comum, isto é, focando na qualidade dos produtos a fim de garantir a Participação nos Lucros e Recompensas (PLR).

O quadro 9 apresenta um resumo das práticas de integração interfuncional, isto é, atividades, métodos, técnicas, ferramentas ou mecanismos de integração que são utilizados para integrar a Engenharia da Qualidade e o DP da empresa A.

Quadro 9 – Práticas gerais de integração entre o DP e a Engenharia da Qualidade da empresa A

Práticas de Integração	Descrição
Reuniões	Ocorre nos <i>checkpoints</i> além de reuniões semanais entre os gerentes de cada departamento por meio de videoconferências e telefonemas
Procedimento padrões	Uso de um programa de software próprio da empresa – compartilhamento de informações Relatórios – Registros formais das atividades realizadas (reuniões, testes de produtos e peças, entre outras).
Gestão formal do processo de integração	<i>Stage-Gates</i> – adoção de equipes multifuncionais e conclusão de tarefas simultaneamente. DFMEA Formulários específicos
Co-localização e proximidade física	Os departamentos não estão colocados e a proximidade física é utilizada no desenvolvimento de protótipos (quando necessário), fabricação de lotes pilotos e resolução de problemas (quando não consegue resolvê-los por meios de tecnologias como e-mail, telefonemas e videoconferência.
Estrutura organizacional	Equipes Autônomas – formadas conforme necessidade do projeto
Incentivos e recompensas	Participação nos Lucros e Resultados – busca de objetivo comum (qualidade do produto) por meio da análise de índice de falhas do produto em campo
Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs)	CAD – compartilhamento de informações técnicas do produto (especificações) E-mail – resolução de problemas e compartilhamento de informações como agendamento de reuniões, solicitações de relatórios de itens e peças, descrição e análise de problemas, etc. Telefonemas – realização de reuniões na busca de resolução de problemas, compartilhamento de informações sobre o que foi discutido em reuniões, solicitações. Compartilhamento de arquivos em nuvem Skype, videoconferência, WhatsApp Banco de dados compartilhado (software próprio da empresa), Apresentações em Power Point nas reuniões periódicas.

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.1.2.1 Uso do DFMEA

A realização do DFMEA na empresa A teve início em meados de 2012 devido às exigências dos procedimentos de documentação e à estruturação do modelo de desenvolvimento da própria empresa, o qual tornou-se um procedimento obrigatório de desenvolvimento. Os principais departamentos que participam da execução do DFMEA são: Engenharia da Qualidade, Manufatura, Qualidade de Fornecedores e Engenharia do Produto. No entanto, é imprescindível a participação da EQ e EP, sem a troca de informações e o envolvimento entre ambos os departamentos o DFMEA não é executado.

De modo geral, além de ser aplicado em projetos de produtos totalmente novos para o mercado, é também aplicado em projetos incrementais, como modificação em algum componente específico do produto. Os DFMEA de produtos semelhantes produzidos anteriormente são usados como ponto de partida para a execução de um novo DFMEA por meio

do uso de banco de dados (memorandos e relatórios) a fim de verificar como os problemas foram tratados.

Geralmente, é realizada uma nova análise de todos os modos de falhas já identificados em DFMEA anteriores, entretanto, quando o Número de Prioridade de Risco (NPR) é baixo, a análise é ignorada, ou seja, eles não analisam o item novamente, porém este procedimento não garante que o novo produto a ser desenvolvido não apresentará problemas de qualidade. Do mesmo modo, há situações em que uma ação de melhoria é sugerida, entretanto o índice de ocorrência é baixo. Assim, essa melhoria permanece registrada, mas não é implementada. Segundo relatos, ao desconsiderar essas análises, já ocorreu do produto desenvolvido apresentar problemas de qualidade no mercado.

A aplicação do DFMEA é contínua durante o PDP não sendo considerado como um evento único, isto é, atualizado sempre quando há uma modificação no produto ou no processo, um novo modo de falha é identificado ou uma nova ação de melhoria é implementada. Durante a realização das reuniões nos *gates*, o documento é sempre atualizado. Por exemplo, caso ocorra problemas de falhas em campo, as quais não foram consideradas durante o DFMEA, o plano de ação referente às correções é incorporado à documentação, isto é, há uma retroalimentação de dados, fazendo com que o DFMEA seja um documento vivo.

O código das falhas usado para descrever os itens dentro do documento DFMEA, isto é a terminologia, é padronizada e o formulário utilizado é semelhante ao descrito pela literatura, desenvolvido no Excel. Os entrevistados relataram que a empresa A já buscou outro software para tentar facilitar e melhorar a aplicação do DFMEA, entretanto, os softwares encontrados apresentaram pouca viabilidade, admitindo o Excel mais viável, tanto em aspectos econômicos quanto em aspectos operacionais.

Segundo os entrevistados, as regras e os critérios para aplicação do DFMEA são bem definidos para todos os participantes os quais são treinados para o preenchimento correto dos formulários específicos e para o gerenciamento das reuniões. São reuniões executadas por meio de videoconferência, devido a distância física entre os membros envolvidos, onde todos os participantes possuem um momento de expor sua opinião e análise, isto é, um *brainstorming* cuja análise de cada membro é indispensável e o número de reuniões varia conforme a complexidade do projeto.

Para auxiliar a execução do DFMEA, a Análise da Árvore de Falhas (FTA – *Fault Tree Analysis*), Diagrama de causa e efeito (diagrama de Ishikawa) e análise de Pareto foram os principais métodos relatados no caso A. A EQ é responsável por realizar o DFMEA,

isto é, são os mediadores, os que gerenciam as reuniões e disponibilizam os relatórios no software específico da empresa, para que todos tenham acesso aos registros.

Não há um índice e nem monitoramento que possa comprovar se a execução do DFMEA reduz os custos e as taxas de falhas. Entretanto, nos projetos que pularam a etapa de realização do DFMEA, isto é, utilizaram DFMEA de produtos anteriores sem a realização de uma nova análise dos dados existentes, de acordo com os entrevistados, houve um aumento considerável na reclamação de clientes.

Em relação à qualidade interna do desenvolvimento, como refugos e retrabalhos por exemplo, os entrevistados declararam que não conseguem fazer uma correlação da mesma com os resultados da realização do DFMEA, ou seja, não há dados ou índices que auxiliem a análise dessa correlação. Para eles, embora o DFMEA seja uma ferramenta que necessite de análises minuciosas exigindo um alto esforço dos participantes e que despense um tempo significativo para sua realização, a aplicação do mesmo reduz o tempo de ciclo de desenvolvimento, pois, segundo os relatos, há redução do número de confecção de protótipos, e, conseqüentemente, do número de testes em produtos e componentes.

#### **4.1.3 Problemas e Perspectivas relacionados a integração entre DP e EQ na empresa**

##### **A**

Alcançar a integração interfuncional em processos organizacionais como o desenvolvimento de produtos não constitui uma tarefa fácil. Em relação à proximidade física entre os departamentos de EP e EQ, uma das dificuldades percebidas pelo gerente da EP está associada ao transporte de peças devido às limitações encontradas no trânsito (por exemplo, alterações climáticas comprometendo o tráfego em aeroportos e rodovias), pois a peça só poderá ser usada se estiver conforme as especificações exigidas, as quais são testadas e validadas pela EQ.

Uma outra dificuldade relatada pelos entrevistados, em relação também à distância física, está associada às despesas com o deslocamento do pessoal, tais como alimentação, transporte, hospedagem, etc. Além disso, os membros estão envolvidos em vários projetos provocando conflitos relacionados ao tempo dedicado em cada projeto de desenvolvimento.

Com a evolução das ferramentas de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), a convicção de que a distância geográfica é um grande obstáculo para a integração interfuncional mudou, pois, essas ferramentas possibilitaram uma comunicação mais eficiente

alcançando níveis mais elevados de compartilhamento de informações. O supervisor de qualidade, por sua vez, relata que até entre departamentos localizados em um mesmo prédio, a comunicação entre os mesmos frequentemente ocorre por e-mails ao invés do contato pessoal. No entanto, as ferramentas de TICs apresentam problemas referentes à qualidade técnica como a transmissão de áudio insatisfatória, o que pode tornar-se uma limitação para a interação entre as pessoas.

A maneira como um membro se comunica com outro departamento, isto é, a capacidade que a pessoa tem de transmitir a informação de maneira clara e correta ao descrever uma situação ou problema e de compreender a utilização dos meios de comunicação, representa o maior obstáculo de integração segundo os entrevistados. Esse obstáculo está associado às diferenças culturais de cada pessoa, por isso, a empresa A utiliza vários meios de comunicação, para que o não haja desentendimento das partes envolvidas, além de tentar detalhar o máximo possível, enviando fotos de várias perspectivas, vídeos, para que haja uma maior compreensão, a fim de evitar o deslocamento de pessoal. Outro fator que deve ser levado em consideração, segundo os entrevistados, é a insuficiência de recursos humanos, o que aumenta a sobrecarga de trabalho prejudicando a integração entre os membros.

Por outro lado, os colaboradores dos departamentos da EP e da EQ trabalham na empresa há mais de 5 anos, ou seja, se conhecem há um tempo significativo. Os entrevistados acreditam que este fato facilita o desenvolvimento de atividades colaborativas e de comunicação entre os departamentos. Além do mais, todos os entrevistados destacaram que no Brasil, especialmente, essa integração entre EP e EQ apresenta um nível elevado quando comparada a outras unidades da empresa no exterior, devido aos dois departamentos serem supervisionados pelo mesmo vice-presidente, levando a uma interação e colaboração mais frequente, o que indica um ponto positivo na integração entre ambos.

A EP e a EQ se caracterizam por possuir, tradicionalmente, um relacionamento conflituoso, pois a Qualidade é vista como um departamento que apenas critica e reconhece defeitos gerando conflitos frequentes. É necessário gerenciar esses conflitos de forma eficaz, para que os mesmos não prejudiquem o desenvolvimento de atividades conjuntas e de comunicação entre ambos de modo que atrase o desenvolvimento. Segundo o diretor da Qualidade da empresa, a EQ luta por um processo de desenvolvimento simples e ao mesmo tempo completo, por isso é formada por engenheiros de diversas áreas (engenheiro químico, mecânico, de produção, materiais). O departamento de Qualidade não deve apenas apontar os problemas, mas desenvolver atividades conjuntas e de comunicação a fim de encontrar maneiras de solucioná-los, por isso, ele deve ser constituído por pessoas experientes e que

possuem conhecimentos necessários para que possam realizar avaliações adequadas, principalmente durante o desenvolvimento de um novo produto.

Em relação à execução da análise de falhas, mais especificamente, o DFMEA, a deficiência na aplicação, segundo os entrevistados, está relacionada à perseverança dos membros envolvidos. Por ser uma ferramenta que exige um alto esforço e cuidado na sua realização, a constância em realizar uma análise em cada modo de falha e a disposição para o trabalho em conjunto, compartilhamento da mesma visão, recursos e informações, isto é, a interação e a colaboração entre membros, representa os maiores problemas na execução do mesmo. Além disso, há os problemas relacionados à reutilização de DFMEA anteriores sem a realização de uma nova análise para o novo produto.

## 4.2 Caso B

### 4.2.1 Apresentação da empresa e do PDP

A empresa B é uma multinacional de bens de capital produtora de componentes e sistemas associados a diversos segmentos industriais, como elétricos, hidráulicos, automotivos, entre outros. Possui um faturamento global de aproximadamente 20 bilhões de dólares, localizada em diferentes regiões globais como América Latina, Europa, África e África do Sul, Ásia e Oceania, em que mantém operações.

No Brasil, conta com seis fábricas e cada unidade é responsável por produzir um tipo de segmento de produto. As entrevistas do estudo de caso ocorreram em uma das unidades de negócio da empresa, situada no interior de São Paulo, pertencente ao segmento elétrico e conta com 200 colaboradores. Os principais dados da organização podem ser observados no Quadro 10.

Quadro 10- Caracterização da empresa B

Características	Empresa B
Tipo	Multinacional
Setor	Bens de capital
Porte	Grande
Número de colaboradores total no Brasil	200 (segmento elétrico).
Número de fábricas no Brasil	1 (segmento elétrico).

Fonte: Elaborado pela autora.

O instrumento de coleta de dados utilizado para o estudo na empresa B foram entrevistas com funcionários da área de Engenharia da Qualidade e de Engenharia do Produto,

além da troca de e-mails e entrevistas por telefone para complementar os dados obtidos e esclarecimento de dúvidas com os entrevistados.

A empresa B possui várias plantas onde cada unidade de negócio é responsável por produzir um tipo de segmento de produto, portanto, em cada unidade existe apenas uma equipe responsável pelo desenvolvimento. Não há uma área específica de desenvolvimento, isto é, dentro de cada departamento da empresa existe uma parcela de colaboradores que participa do processo de desenvolvimento, o qual é liderado pelo departamento de Engenharia do Produto.

Até o ano de 2012 não havia atividades de desenvolvimento no país, isto é, todos os produtos comercializados no Brasil eram importados. No entanto, com intuito de reduzir os custos referentes à importação de produtos, principalmente em relação aos gastos relacionados ao transporte dos mesmos, iniciou-se o desenvolvimento de produtos totalmente nacionais e criou-se um modelo de desenvolvimento semelhante aos modelos existentes na literatura relacionado ao setor automobilístico, que prevê a realização dos chamados *Stage-Gates*, bem como o uso de ferramentas como, por exemplo, o FMEA (DFMEA e PFMEA). Os primeiros projetos desenvolvidos no Brasil eram baseados em projetos já existentes da unidade sede localizada nos Estados Unidos, cujo desenvolvimento teve que adaptar-se à realidade local, principalmente em aspectos relacionados ao processo produtivo, equipamentos e ferramentas. Atualmente, já existem projetos incrementais e radicais realizados no Brasil, isto é, segundo o gerente de Engenharia do Produto, as plantas brasileiras têm autonomia para aplicar modificações significativas em projetos utilizando materiais e condições locais.

A equipe de desenvolvimento de produtos é formada pelo pessoal de Marketing, Engenharia do Produto, Compras, Engenharia da Qualidade, Manufatura, entre outros, e a interação e colaboração nas atividades de desenvolvimento de cada departamento se dá conforme as necessidades de cada fase. O gerente da EP determina um membro de sua equipe como líder do projeto, que é responsável por definir as atividades a serem realizadas durante todo o desenvolvimento, isto é, o cronograma do projeto cujas atividades são estabelecidas conforme a complexidade de cada projeto.

#### **4.2.2 Práticas de integração entre DP e a Engenharia da Qualidade da empresa B**

No início do PDP, o departamento de Marketing é responsável por identificar as oportunidades de desenvolvimento de produtos as quais podem estar relacionadas às necessidades do mercado, ao atendimento de um *gap* do mercado, às questões tecnológicas ou

à execução de melhorias visando disponibilizar mais funcionalidades em um produto pelo mesmo custo. Todas essas informações são compartilhadas e discutidas em um *gate*, para aprovação do projeto. Assim, a interação e colaboração entre EP e EQ neste início acontece somente nos *gates*.

Aprovado o projeto, iniciam-se as primeiras fases do desenvolvimento, em que a definição das especificações do produto e dos itens que serão utilizados no mesmo são definidos pela EP. A identificação de fornecedores potenciais, também é uma atividade realizada nessas primeiras fases, e pode ser realizada tanto pelo departamento de EP como pelos departamentos de Compras e de Engenharia da Qualidade, os quais estabelecem um primeiro contato com eles. Uma vez que ocorre a homologação do fornecedor, isto é, uma presunção de que mesmo atende às condições impostas pelo projeto, a EQ é encarregada de realizar uma auditoria, isto é, uma verificação e validação, com o intuito de averiguar se realmente o fornecedor atende aos requisitos do produto a ser desenvolvido. Quando necessário, a EQ realiza o desenvolvimento de fornecedores por meio de treinamentos, para que atendam aos requisitos solicitados pela empresa, principalmente aos aspectos relacionados ao registro de informações (documentação).

Ainda nestas fases iniciais, a Análise dos Modos de Falha e Efeitos do projeto (DFMEA) é executada por uma equipe por meio de reuniões presenciais geridas pelo departamento de Engenharia do Produto onde há a participação de diversos departamentos, porém a interação e a colaboração da Engenharia da Qualidade é imprescindível. As informações dos resultados do DFMEA são registradas pelo departamento de Engenharia do Produto juntamente ao projeto do produto e, posteriormente, compartilhadas com o fornecedor para que o mesmo desenvolva a peça necessária.

Nas fases intermediárias do desenvolvimento (fase de protótipo – projeto detalhado), há atividades relacionadas a análises, ensaios e testes em amostras e protótipos a fim de validar as características do produto, o qual poderá sofrer alterações até sua definição adequada; essas atividades são realizadas apenas pela EP. Após a definição e aprovação dos protótipos, a EP interage com a EQ enviando os resultados registrados dessas atividades para que a EQ avalie-os e elabore o PPAP (Processo de Aprovação de Peças de Produção) cujo documento contém todas as informações do produto como características técnicas e físicas do produto, Análise de Modos de Falhas e Efeitos de projeto e de processo (DFMEA e PFMEA, respectivamente), tipo de embalagem e armazenamento, mapeamento do processo de produção (planejamento de repetibilidade, testes de performance), etc. O preenchimento e análise do PPAP é supervisionado pelo departamento de Engenharia da Qualidade e devido à quantidade

de informações necessárias para a elaboração do mesmo, o departamento deve desenvolver atividades de comunicação como reuniões, telefonemas, e-mails com os diversos departamentos envolvidos no DP.

A EQ não participa do desenvolvimento do protótipo, ela colabora apenas na análise de documentação verificando se a mesma está preenchida corretamente, por exemplo, confere se as especificações de desenho referentes ao projeto estão de acordo com as especificações do protótipo físico, isto é, realiza uma inspeção final. Nesta etapa, o sistema CAD também pode ser utilizado para análise que pode ser feita pela EQ juntamente com o pessoal de EP, no entanto, a compilação dos dados é feita apenas pela EQ e registrados no PPAP. A compilação do PPAP não se inicia antes da aprovação do protótipo.

Posteriormente à realização e aprovação do PPAP, o produto é liberado para a produção (fases finais), onde os lotes pilotos serão executados com o intuito de testar e validar tanto o produto acabado, como o processo produtivo. O departamento de Manufatura é responsável por esta etapa e o departamento de EQ colabora por meio do desenvolvimento de atividades de inspeção quando necessário; após aprovação e análise da conformidade com especificações, o produto pode ser comercializado.

Após o produto ser lançado no mercado, a Assistência Técnica é a responsável por conter os registros de problemas e falhas do produto, a qual repassará para o departamento de Vendas da empresa apenas quando algum problema ou reclamação for recorrente e assim verificar a procedência das reclamações. Assim, para a resolução desses problemas há a formação de uma equipe multifuncional, formada principalmente pela EP, EQ e Manufatura, com o propósito de buscar soluções e melhorias.

O quadro 11 apresenta um resumo das principais atividades realizadas pela Engenharia da Qualidade em cada fase do desenvolvimento.

Quadro 11 – Principais atividades realizadas pela Engenharia da Qualidade durante o DP da empresa B

<b>Fases/entregas</b>	<b>Atividades realizadas</b>
Fases iniciais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação, verificação e validação de fornecedores potenciais</li> <li>• Participação nas reuniões de DFMEA.</li> </ul>
Fases intermediárias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise documental e inspeção do produto, protótipo</li> <li>• Elaboração do PPAP.</li> </ul>
Fases finais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise documental (auxílio na execução de conformidade dos lotes pilotos, avaliação dos registros de testes, inspeções e validações de produto e processo de produção)</li> <li>• Análise de problemas e melhorias (reclamação de consumidores, índice de falhas, etc.)</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora.

As informações e resultados de cada atividade referentes ao DP como, por exemplo, análise de mercado, verificação e validação de fornecedores, especificações, testes e ensaios em protótipos e peças, análises de falhas são registrados formalmente em relatórios, os quais são documentados em pastas compartilhadas em nuvem ou no software próprio da empresa, onde todos os departamentos envolvidos no DP possuem acesso.

Em todas as fases do desenvolvimento ocorrem análises de aprovação das mesmas, chamados *gates* de aprovação (verificação do andamento do projeto) cujas reuniões visam identificar benefícios, despesas, riscos e mitigações em cada fase do desenvolvimento. Os *gates* são meios de comunicação e colaboração entre todos os departamentos envolvidos no desenvolvimento de produtos, cada qual com seu representante, e não apenas entre EQ e EP. As reuniões de *gates* envolvem pessoas ligadas ao mais alto nível hierárquico de cada departamento da organização (Diretor de Operações, Diretor Financeiro, etc.) e por isso acontecem via internet, por meio de videoconferência e compartilhamento de tela, pois nem todas as pessoas que participam de um *gate* estão localizadas em uma mesma planta.

Além dos *gates*, há reuniões que acontecem periodicamente, pelo menos a cada duas semanas entre EP e EQ, para analisarem o andamento do projeto, compartilharem informações discutirem aspectos relacionados à qualidade do produto e do processo de desenvolvimento (por exemplo, eficácias das atividades, análise de problemas e melhorias do produto). Diferente dos *gates*, essas reuniões são realizadas presencialmente pois ambos os departamentos se localizam na mesma planta e, geralmente, ocorrem conforme a necessidade e complexidade de cada projeto. Quando não há informações relevantes a serem discutidas, a reunião é adiada; entretanto, podem surgir questionamentos ou informações fundamentais que é preferível discuti-los mais rapidamente, antecipando os encontros. Para a realização dessas reuniões, a interação entre os departamentos se dá por e-mail, com o intuito de registrar as datas estabelecidas ou até mesmo por telefone, como ligações ou WhatsApp (há um grupo no WhatsApp criado para discussões mais simples e rápidas sobre o projeto, como avisos, solicitações). Ocasionalmente, o departamento de Compras também participa dessas reuniões periódicas.

Cada departamento possui atividades inerentes ao DP e quando há uma mudança muito simples em uma peça do produto (por exemplo, aumento do diâmetro de um parafuso – algo que não afetará o conceito do produto e nem os processos de produção), a EP realiza a mudança e apenas na elaboração do PPAP esses resultados são analisados e aprovados pela EQ.

No que se refere a problemas de qualidade do produto como reclamações de clientes, excesso de produtos não conformes, retrabalhos e *recalls*, por exemplo, há um índice

referente aos custos da não qualidade o qual deve permanecer dentro dos limites desejados para que os colaboradores tenham Participação nos Lucros e Recompensas da empresa (PLR) fazendo com que todos se preocupem com a qualidade do produto desenvolvido. Desse modo, a PLR faz com que os membros desenvolvem atividades conjuntas e se comuniquem mais frequentemente buscando manter esse índice referente aos custos da não qualidade menor possível.

O quadro 12 apresenta um resumo das práticas de integração interfuncional gerais que são utilizadas para integrar o DP e a Engenharia da Qualidade da empresa B.

Quadro 12 – Práticas gerais de integração entre o DP e a Engenharia da Qualidade da empresa B

Práticas de Integração	Descrição
Reuniões	Ocorre nos <i>gates</i> além de reuniões periódicas presenciais com o pessoal de EQ e EP envolvida no DP
Procedimento padrões	Uso de um programa de software próprio da empresa Relatórios – Registros formais das atividades realizadas (reuniões, testes de produtos e peças, entre outras) – PPAP
Gestão formal do processo de integração	<i>Stage-Gates</i> – adoção de equipes multifuncionais e conclusão de tarefas simultaneamente. DFMEA
Co-localização e proximidade física	EQ e EP estão co-localizados
Estrutura organizacional	Equipe peso-pesado (membros da EQ que participam do desenvolvimento são sempre os mesmos; da EP, dependem do líder de projeto e da disponibilidade e da habilidade pessoal)
Incentivos e recompensas	Participação nos Lucros e Resultados conforme ao índice dos custos da não qualidade
Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs)	CAD – compartilhamento de informações técnicas do produto (especificações) E-mail – compartilhamento de informações como agendamento de reuniões, solicitações de relatórios de itens e peças (informações breves) Telefones – compartilhamento de informações breves Compartilhamento de arquivos em nuvem Videoconferência, WhatsApp Banco de dados compartilhado (software próprio da empresa), Apresentações em Power Point nos <i>gates</i> .

Fonte: Elaborado pela autora.

A adoção de vários mecanismos de integração faz com que a EQ esteja envolvida durante todo o desenvolvimento. Nas fases iniciais do desenvolvimento, a integração ocorre, principalmente, por meio de atividades de verificação e validação de fornecedores e na execução do DFMEA. Durante o desenvolvimento de protótipos o compartilhamento de informações acontece por meio de procedimentos padrões como a elaboração do PPAP; o desenvolvimento de atividades conjuntas é mais frequente na realização de atividades de verificação e validação dos produtos. Mesmo os departamentos estando co-localizados, o uso de TICs é bastante frequente, no entanto a proximidade física entre os departamentos de EP e EQ faz com que a colaboração e comunicação entre ambos, por meio de reuniões improvisadas

e conversas informais, ocorra mais frequentemente, principalmente quando há o surgimento de problemas.

#### **4.2.2.1 Uso do DFMEA**

A utilização do DFMEA iniciou-se em 2012 juntamente com a estruturação do PDP, pois é considerada pela empresa uma atividade inerente ao desenvolvimento de produtos. A equipe do DFMEA é formada, basicamente, pelos departamentos de Engenharia do Produto, Engenharia da Qualidade e Manufatura. O departamento de Engenharia do Produto é responsável por gerenciar as reuniões e as documentações do DFMEA. O tempo despendido para a realização do mesmo (como número de reuniões) depende do produto, isto é, da complexidade do projeto de desenvolvimento e de seu planejamento, por exemplo, há projetos com prazos de seis meses e há projetos com o prazo de apenas um mês. Assim, as reuniões são marcadas conforme essas particularidades e os atrasos em desenvolvimento devido à execução do DFMEA ocorrem por motivos de planejamentos imprecisos, por isso é importante a experiência do líder de projeto na elaboração desse planejamento.

O DFMEA de projetos semelhantes já realizados é usado como base para a análise de falhas de novos produtos. Entretanto, se o projeto de desenvolvimento se caracteriza por apresentar mudanças simples, o DFMEA não é realizado, isto é, as reuniões de análise de falhas não ocorrem e há apenas o compartilhamento de informações dos DFMEAs existentes por meio de relatórios; apenas as documentações básicas de todo projeto como informações da peça, relatório dimensional, certificado de testes e matérias-primas, por exemplo, são consideradas. No entanto, quando o projeto é mais complexo, isto é, com modificações significativas em alguma característica crítica do produto, segundo os entrevistados, é necessário reunir uma equipe com o maior número de pessoas de diferentes departamentos como Recebimento, Expedição e Marketing, além da EP e EQ na busca de um objeto comum: garantia da qualidade dos produtos buscando reduzir ou até mesmo eliminar as falhas do mesmo. Para os entrevistados, quanto mais pessoas de diferentes departamentos envolvidas, há maior o compartilhamento de informações e conhecimento sobre o produto. A colaboração e a interação do pessoal da Manufatura durante o DFMEA, por exemplo, é significativa pois, além de fornecer informações relevantes para a realização do DFMEA, os operadores precisam saber os riscos que o produto fabricado possui, com intuito de difundir essa mentalidade de mitigação de problemas durante o processo de produção.

Um outro aspecto a ser considerado no uso do DFMEA da empresa B é a retroalimentação de reclamações de clientes. Durante as reuniões, pode acontecer de não identificarem um determinado item como sendo crítico e durante os testes finais ou uso do produto o mesmo apresenta alguma falha. Assim, esses novos dados são incorporados aos registros do produto, ou seja, há uma retroalimentação de dados. No entanto, os históricos de reclamações pertencem a Assistência Técnica que informará ao departamento de Vendas sobre os problemas recorrentes. Entretanto, a maioria das reclamações do caso B são de baixa frequência, isto é, não ocorrem constantemente em um mesmo produto e/ou componente, pois estão relacionadas à uma causa especial do problema de projeto. De acordo com os entrevistados, o índice de reclamações da empresa B é baixo e também não ocorre a realização de *recalls*.

A terminologia usada para descrever os itens dentro do documento DFMEA é padronizada e o formulário utilizado é semelhante ao descrito pela literatura, desenvolvido no Excel. Os principais métodos relatados pela empresa B para o auxílio da execução do DFMEA foram: Análise da Árvore de Falhas (FTA – *Fault Tree Analysis*), Diagrama de Causa e Efeito (diagrama de Ishikawa) e Análise de Pareto.

As regras e os critérios para a execução do DFMEA são bem definidos para os membros que participam do desenvolvimento. A pessoa não precisa ser especialista em fazer FMEA, o importante é que todos devem colaborar nas análises a fim de deixar claro os riscos do produto que está sendo produzido pode ter. Se for um risco alto, a informação deve ser compartilhada não só entre as equipes participantes das reuniões, mas entre os operadores.

Na execução de um DFMEA cada participante tem autonomia para expor seu ponto de vista em relação às falhas potenciais, por meio de reuniões presenciais – uma mesma pessoa pode expor a opinião diversas vezes durante uma reunião, enquanto em uma outra reunião a mesma pode não falar nada. Um aspecto que a empresa B considera é realizar essas reuniões de DFMEA aonde a peça é produzida a fim de conjecturar todas as possíveis falhas que o produto poderá ter, pois as análises devem ser minuciosas a fim de evitar os problemas em produtos além de avaliar questões de segurança, por isso é considerada uma ferramenta complexa de se utilizar e despende um tempo significativo devido às análises serem realizadas a partir de diversas perspectivas.

Entretanto, não há índice em que se possa comprovar se a execução do DFMEA reduz os custos e as taxas de falhas. Mas, de acordo com os entrevistados, como o DFMEA considera as possíveis falhas que pode ocorrer nos produtos, além de suas mitigações, acreditam que há uma redução significativa tanto nos custos e taxas de falhas, como em defeitos, refugos

e retrabalhos. Além disso, eles consideram que DFMEA é essencial para redução da taxa de reclamações de clientes e *recalls*. Entretanto, isto não quer dizer que o produto esteja isento de problemas (falhas), mas certamente há uma minimização dos mesmos. O número de protótipos também pode ser reduzido com a realização do DFMEA e a execução do mesmo é considerada por eles como um grande benefício.

Na empresa do caso B geralmente as falhas e as reclamações de clientes estão associadas ao processo de produção, e não ao projeto. Ao fazer uma análise da causa dos problemas relatados nas reclamações, por exemplo, constata-se, por exemplo, a aplicação de um torque errado ou a utilização de uma ferramenta inadequada durante a produção. Os entrevistados consideram que a execução de um DFMEA não atrasa o desenvolvimento e é considerado um procedimento inerente ao PDP.

#### **4.2.3 Problemas e perspectivas relacionados à integração entre DP e EQ na empresa B**

A empresa B possui uma política da Qualidade cujos princípios tem o objetivo de difundir uma mentalidade de garantia de qualidade para todas as operações e departamentos, isto é, busca disseminar essa reponsabilidade para todos os colaboradores da organização. Por exemplo, não existe uma pessoa do departamento de Qualidade no chão de fábrica; todos os operadores devem se preocupar em realizar suas operações com qualidade.

A co-localização entre os departamentos de Engenharia do Produto e Engenharia da Qualidade faz com que a comunicação e a colaboração, isto é, a integração entre ambos seja facilitada e satisfatória, segundo os entrevistados. Para eles, o pessoal não espera acontecer um fórum específico, isto é, reuniões para a discussão sobre o projeto de desenvolvimento; como os departamentos estão próximos, essas reuniões são marcadas e desmarcadas com mais facilidade, além de resolverem alguns problemas mais simples que surgem durante o desenvolvimento sem a realização dessas reuniões formais. Por exemplo, questões simples são discutidas nesse intervalo de tempo informalmente, sem a presença de todos os envolvidos, pois são questões que necessitam de soluções rápidas e fáceis, deixando os problemas consideráveis, isto é, aqueles que podem causar um alto impacto no produto para serem discutidas nessas reuniões periódicas presenciais.

O contato face a face facilita a discussão do problema imediatamente, assim, para os entrevistados, a co-localização promove a comunicação, isto é, a conversa frente a frente é mais satisfatória do que um e-mail, um chat, que se caracterizam por comunicações frias

(mensagens) e impessoal – depende do estado de espírito, isto é, do humor ou disposição emocional da pessoa que recebe a qual pode entender como uma mensagem tranquila ou como uma ofensa. Para os entrevistados da empresa B, os problemas de comunicação à distância são referentes à perda da informação e tempo. Se há necessidade de uma informação imediata, é mais difícil saber a disponibilidade que a outra pessoa tem para responder, o que pode gerar atrasos no desenvolvimento.

A maior dificuldade de integração entre DP e EQ, segundo um dos entrevistados, é não existir uma pessoa da Qualidade focada apenas no desenvolvimento de produtos. O pessoal da EQ envolvido no DP, além de ser responsável pelas atividades da qualidade durante o desenvolvimento como a elaboração do PPAP, é responsável, também, por identificar, avaliar e desenvolver fornecedores. Geralmente, essas auditorias em fornecedores despendem um tempo significativo, principalmente quando há a necessidade de treinamentos nos mesmos, afetando também a execução do DFMEA, pois a pessoa fica sobrecarregada podendo interferir na qualidade dos procedimentos e atividades executados.

Uma outra dificuldade declarada pelos entrevistados é conseguir verificar o estado atual de desenvolvimento e identificar as melhorias a serem realizadas. Estruturar o desenvolvimento e seguir todas as etapas não é uma tarefa fácil. Para eles, essa estruturação depende da maturidade da gestão, a qual deve ser capaz de possibilitar os recursos corretos. Além disso, os procedimentos devem estar detalhados e documentados para a segurança da empresa e assim evitarão problemas de qualidade no produto, isto é, a chance de ocorrer problemas é pequena.

As reclamações dos clientes provêm da Assistência Técnica cujas informações são repassadas ao departamento de Vendas que verifica a procedência dessas reclamações. A maioria das reclamações, como são de baixa frequência, são consideradas reclamações irrelevantes uma vez que estão relacionadas ao mau uso do produto. Se as reclamações forem procedentes, há critérios para ação de correção, isto é, pessoal do departamento de Manufatura, Engenharia do Produto e Engenharia da Qualidade se interagem por meio de reuniões a fim de identificar a causa-raiz e posteriormente realizar as mitigações necessárias, podendo ocorrer uma retroalimentação de novas informações e correções no projeto. A maior parte dos problemas relacionados à qualidade dos produtos são voltados a problemas de fabricação (montagem invertida, por exemplo).

Para a melhoria da integração interfuncional, existem algumas reuniões com o intuito de discutir assuntos de relacionamento interpessoal na empresa, a fim de analisar a situação do ambiente de trabalho por meio uma pesquisa de clima organizacional. São reuniões

que enaltecem os pontos fortes e identificam os pontos de melhorias para o relacionamento entre as pessoas.

### 4.3 Análise comparativa dos casos

Este tópico faz uma análise das observações obtidas nos estudos de caso. Tem por objetivo comparar as práticas de integração adotadas pelas empresas de cada caso e, mais especificamente, as práticas mediante a execução do DFMEA que podem ser interessantes para a integração entre DP e Engenharia da Qualidade.

As análises referentes às atividades específicas realizadas pelo departamento de Engenharia da Qualidade durante o desenvolvimento de produtos, isto é, as práticas de integração de cada caso foram agrupadas no quadro 13, de acordo com cada fase do DP.

Quadro 13 – Práticas específicas da EQ no DP de cada caso

Fases do DP	Atividades identificadas	Caso A	Caso B
Fases iniciais	<b>Planejamento da Qualidade</b>	EQ interage e colabora ao planejar todos os testes, ensaios e inspeções a serem realizados durante o desenvolvimento.	Planejamento das atividades de verificação e validação é realizado pelo departamento da EP e a interação da EQ ocorre apenas nos <i>gates</i> .
	<b>Determinação das especificações-meta</b>	A comunicação e colaboração da EQ ocorrem apenas quando solicitada – depende do grau de inovação do projeto.	EQ não participa – atividade completamente realizada pelo departamento de EP.
	<b>Identificação, verificação e validação de fornecedores</b>	Há pessoas próprias dentro do departamento de EQ que realizam o desenvolvimento de fornecedor e outras que colabora no DP.	Uma mesma pessoa do departamento de EQ é responsável por desenvolver o fornecedor e desenvolver atividades conjuntas e de comunicação no DP.
	<b>Execução do DFMEA</b>	DFMEA é supervisionado pelo pessoal da EQ.	DFMEA é supervisionado pelo departamento de EP, mas a interação e colaboração da EQ é imprescindível.
Fase intermediária	<b>Desenvolvimento e análise de protótipos</b>	EQ interage e colabora na realização de atividades de verificação (testes, ensaios e inspeções) e validação de peças, amostras e protótipos e acompanhamento do desempenho dos mesmos.	As atividades de verificação e validação de protótipos são realizadas pela EP. Entretanto, o resultado dessas atividades deve ser compartilhado com o departamento de EQ uma vez que o mesmo é responsável pela elaboração do PPAP.

Continua....

Fases do DP	Atividades identificadas	Caso A	Caso B
Fases finais	Avaliações de conformidade dos lotes pilotos	EQ colabora auxiliando as atividades de verificação e validação tanto do produto acabado como em processos.	EQ colabora auxiliando nas atividades de verificação de validação e é a responsável pelo registro dos resultados.
	Acompanhamento do produto no mercado	EQ é responsável por acompanhar os problemas de qualidade do produto lançado e determinar as reuniões para identificar as causas e realizar as melhorias.	O departamento de Vendas é o responsável por coletar as informações sobre reclamações as quais serão analisadas por meio da interação e comunicação de uma equipe multifuncional (EQ, EP e Manufatura) para a identificar as causas e realizar as melhorias.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em ambos os casos, o PDP é gerenciado pelo departamento de Engenharia do Produto, que determina o líder do projeto de desenvolvimento. O líder foi identificado como o profissional adequado para estabelecer as atividades de desenvolvimento e, consequentemente, diagnosticar a necessidade de integração interfuncional (compartilhamento de informações e desenvolvimento de atividades conjuntas) que varia conforme o estágio em que o PDP se encontra e a complexidade do produto (grau de inovação). Por exemplo, no caso B, quando há o desenvolvimento de um produto sem alterações significativas (projeto incremental) o DFMEA não é realizado, ou seja, a interação e a colaboração entre EP e EQ diminui, pois não ocorre as reuniões com a equipe de DFMEA e nem o trabalho em conjunto na busca de mitigação de falhas. Ocorre apenas o compartilhamento de informações por meio dos registros de análises de falhas realizadas em produtos análogos. Do mesmo modo, no caso A, as análises são desconsideradas quando o NPR é baixo. Entretanto, quando o projeto de desenvolvimento é mais complexo, a interação e a colaboração da EQ ocorrem desde as fases iniciais devido ao elevado grau de inovação do projeto, o que exige um maior compartilhamento de informações e conhecimento entre os departamentos do caso A com intuito de reduzir problemas de qualidade dos produtos e processos, conforme recomendado por Song et al. (1998), Gomes et al. (2003), Brettel et al. (2011) e Hempelmann e Engelen (2014).

A comunicação e a colaboração da Engenharia da Qualidade nas fases iniciais do DP se dão por meio de atividades de verificação e validação em fornecedores em ambos os casos. A auditoria em fornecedores é uma tarefa intrínseca da EQ e, dependendo das circunstâncias em que o fornecedor se encontra, pode haver o treinamento dos mesmos, o que pode atrasar o ciclo de desenvolvimento caso o líder de projeto não tenha considerado esta atividade no planejamento. Assim, a experiência das pessoas envolvidas no DP foi destacada como um fator relevante pelos entrevistados do caso A, pois possuem o conhecimento

necessário para realizar as avaliações adequadas, indo de acordo com Banghart, Babski-Reeves e Bian (2016) que consideram que erros humanos influenciam o alcance de resultados satisfatórios no desenvolvimento.

Os testes, ensaios e inspeção em protótipos, peças e amostras, antes da fase de produção, é responsabilidade da EQ no caso A e, no caso B, do departamento de EP. Após a avaliação de fornecedores, no caso B, EQ só desenvolverá suas atividades de comunicação e colaboração na elaboração do PPAP, ou seja, no preenchimento e análise de documentações do produto que envolvem os resultados dos testes, inspeções e ensaios além das análises de falhas do projeto e processo (DFMEA e PFMEA). Durante o desenvolvimento do protótipo, a EQ do caso B não realiza atividades de colaboração e comunicação. Entretanto, essa ausência de integração não significa que são considerados poucos elementos e requisitos de qualidade, confrontando com os argumentos de Chan, Ip e Zhang (2012), uma vez que, de acordo com os relatos do caso B, a maioria dos problemas de qualidade dos produtos estão associados às falhas das fases finais do desenvolvimento (fase de fabricação). Este fato reforça alguns pontos da literatura em que o nível de integração interfuncional corresponde a diferentes circunstâncias, como as características intrínsecas de cada empresa (ENG; OZDEMIR, 2014), nível cultural, técnico, habilidades do pessoal envolvido e práticas adotadas (CHEN; LIU; WEN, 2012).

Na busca por uma melhor integração, as empresas utilizam alguns dos mecanismos citados por Griffin e Hauser (1996) e Leenders e Wierenga (2002) os quais podem ser classificados quanto ao ponto de vista organizacional (Estrutura organizacional, Co-localização, Sistemas sociais informais), dos recursos (Incentivos e Recompensas, TICs) e das ferramentas para integração (DFMEA). As observações obtidas em cada caso foram agrupadas no quadro 14.

Quadro 14 – Práticas gerais de integração entre EQ e EP e ambos os casos

Práticas de integração		Caso A	Caso B
Perspectiva organizacional	<b>Estrutura organizacional</b>	Equipes autônomas	Equipe peso-pesado
	<b>Co-localização e Proximidade física</b>	Quando necessário, isto é, quando não conseguem resolver questões por meios de TICs, principalmente na realização do desenvolvimento de protótipos, fabricação de lotes pilotos e resolução de problemas	Localizados no mesmo edifício
	<b>Sistemas sociais informais</b>	Conversas rotineiras e reuniões improvisadas por meio de tecnologias	Conversas rotineiras e reuniões improvisadas (face a face)
Perspectiva de recursos	<b>Incentivos e Recompensas</b>	PLR – índice de falhas do produto em campo	PLR – índice relacionado aos custos da não qualidade
	<b>TICs</b>	CAD, E-mail, Telefonemas, Compartilhamento de arquivos em nuvem, Skype, videoconferência, WhatsApp, Banco de dados compartilhado (software próprio da empresa)	CAD, E-mail, Telefonemas, Videoconferência, WhatsApp Banco de dados (software próprio da empresa)
Perspectiva das ferramentas para integração	<b>DFMEA</b>	Reuniões de análise por meio de videoconferência	Reuniões de análise presenciais
	<b>Stage-Gates</b>	Reuniões de avaliação em todas as fases do DP por meio de videoconferência – apenas o nível mais alto da hierarquia	Reuniões de avaliação em todas as fases do DP por meio de videoconferência – apenas o nível mais alto da hierarquia

Fonte: Elaborado pela autora.

Do ponto de vista organizacional, a estrutura do DP do caso A é formada por equipes autônomas cuja formação depende do líder e da disponibilidade do pessoal de cada departamento, enquanto que no caso B é formada por uma estrutura matricial “peso pesado” em que o pessoal do departamento de EQ que colabora e interage no DP é sempre o mesmo; já o pessoal do departamento de Engenharia do Produto varia conforme as habilidades técnicas e disponibilidade dos mesmos. Não há como julgar qual é a melhor estrutura de formação de equipes, pois depende da maneira como a empresa interpreta seu ambiente, por exemplo, tipo e quantidade de projetos, assim como recomendado por Clark e Wheelwright (1993).

Como observado, existem diversas atividades interdependentes entre os departamentos em questão, as quais são pré-determinadas pelo líder de projeto em ambos os casos, o que incentiva a colaboração e comunicação interfuncional fazendo com que os membros assumam responsabilidade pelo alcance de resultados do desenvolvimento, assim como Song, Neeley e Zhao (1996) e Sarin e Oconnor (2009) mostraram em seus estudos.

No caso B, os departamentos de EP e EQ estão co-localizados. Como observado nos relatos, a proximidade física entre os departamentos permite uma interação mais fácil e mais frequente e leva a um entendimento mútuo maior devido ao trabalho informal em conjunto

e reuniões diretas face a face, corroborando com Kahn (1997) e Kim e Kim (2009). Devido a proximidade física entre EP e EQ, no caso B, quando há o surgimento de incertezas durante o desenvolvimento, a equipe não espera ocorrer uma reunião específica para resolução das mesmas. As conversas informais rotineiras e o contato face a face resultam em boas decisões e imediatas, possibilitando uma redução nas incertezas do projeto além de facilitar a transferência e a utilização da informação como sugerido por Leenders e Wierenga (2002), Gray, Siemsen e Vasudeva (2015).

Entretanto, os benefícios da co-localização para os resultados do desenvolvimento do produto foram empiricamente estabelecidos numa época em que a Internet não tinha sido difundida amplamente, como por exemplo, no trabalho de Clark e Fujimoto (1991). No caso A, devido aos departamentos de EP e EQ localizarem-se em diferentes cidades, os recursos de TI são imprescindíveis. Conforme os relatos em ambos os casos e Reid et al (2016), o e-mail está embutido no dia a dia de trabalho e pode ser considerado um mecanismo de integração básico para diversas atividades. Além do e-mail, o uso de tecnologias avançadas de comunicação mediada por computador como videoconferência, intranet, softwares de colaboração (como compartilhamento em nuvem, software próprio da empresa), aplicativos de mensagens instantâneas, uso de telefones e dispositivos móveis permitem um contato rápido e fácil com todos os outros participantes, favorecendo a integração. No caso A, a maior parte das reuniões são realizadas por esses recursos, principalmente pelo uso de telefonemas e videoconferência.

No entanto, esses recursos tecnológicos apresentam uma série de limitações conforme já mencionado nos relatos, isto é, selecionar e aplicar TI exige bastante cuidado devido à qualidade técnica dos meios, como problemas de qualidade e nitidez na transmissão de áudio e vídeos, falhas no servidor de internet ou na linha telefônica e principalmente na maneira em que um membro transfere a informação para outro, experiências de trabalho e linguagens técnicas, isto é, humor ou disposição emocional (diferenças culturais), indo ao encontro das constatações relatadas sobre problemas de integração no estudo de Song e Song (2010) e Montoya-torres e Ortiz-vargas (2014). Por isso, a empresa utiliza diversos meios de comunicação (e-mail, WhatsApp, telefonemas, vídeos) a fim de garantir um compartilhamento de informações eficiente, e melhorar a integração entre EP e EQ.

No caso A, a distância física não foi reconhecida pelos entrevistados como uma barreira de comunicação, contudo, quando EP e EQ não conseguem resolver alguns dos problemas de qualidade por meio de recursos tecnológicos de comunicação, há o deslocamento das equipes buscando o contato face a face, isto é, o uso da co-localização a fim melhorar o

trabalho em equipe e levar a uma melhor resolução de problemas em concordância com os estudos de Kahn (1997), Hoegl, Ernst e Proserpio (2007) e Gray, Siemsen e Vasudeva (2015).

A distância física também faz com que os departamentos realizem atividades que não são específicas da sua própria área, o que pode afetar a qualidade do desenvolvimento e, conseqüentemente, do produto. No caso A, as especificações do produto e o desenvolvimento do protótipo são feitos pela EP e as atividades de verificação e validação são atribuídas a EQ. Às vezes a EP realiza essas atividades devido à distância geográfica entre os departamentos com o intuito de minimizar gastos com transporte de peças e não atrasar o DP. Essa delegação de responsabilidade não garante que as atividades sejam realizadas sistematicamente conforme os requisitos e podem provocar tendências nos resultados de testes, o que pode influenciar a qualidade do produto. No caso B, não há essa delegação de tarefas, pois além dos departamentos estarem co-localizados, a EP além de ser responsável por desenvolver o protótipo também executa as atividades de verificação. Entretanto, a EQ precisa se comunicar com a EP para elaboração do PPAP, o qual necessita das informações dos testes, ensaios, inspeções, análise de falhas (DFMEA), especificações, isto é, todas as informações relacionadas ao produto para que o mesmo seja aprovado e liberado para produção.

Em ambos os casos, a insuficiência de recursos humanos foi relatada como uma barreira de integração. Os membros estão envolvidos em vários projetos e, além disso, no caso B, não há uma pessoa da EQ focada apenas nas atividades de DP uma vez que a sobrecarga de trabalho faz com que o tempo dedicado aos projetos seja insuficiente, o que pode afetar a qualidade do produto desenvolvido. Contudo, no caso B, conforme os relatos, a maioria dos problemas de qualidade dos produtos relatados pelos clientes, após as análises pela empresa, estão relacionados a erros de fabricação e não a projeto.

Ainda pela perspectiva dos recursos, a PLR (Participação nos Lucros e Resultados) foi identificada por ambos os casos como mecanismo de incentivo e recompensa que contribui para a comunicação e colaboração pelo fato das equipes trabalharem de forma adequada e eficaz para atingir os objetivos comuns da empresa. Essa prática vincula o sistema de remuneração aos índices de falhas do produto no mercado e aos custos da não qualidade, fazendo com que a empresa, atinja, principalmente aos objetivos referentes à qualidade dos produtos. Esse mecanismo de vincular o sistema de remuneração a um resultado comum está de acordo com a teoria proposta por Griffin e Hauser (1996), além de diminuir a barreira de integração relacionada a incongruência de objetivos citada por Song e Song (2010).

Os departamentos de EP e EQ serem supervisionados por um mesmo gestor ajuda a integração interfuncional ser mais eficiente, conforme o caso A. Além disso, a

integração entre EQ e DP para identificação de problemas e soluções de melhorias na qualidade tanto dos produtos, quanto dos processos, é significativo para se atingir os objetos de qualidade do produto. Para a melhoria dessa integração, no caso B existem reuniões que buscam aprimorar nas pessoas o desempenho e as habilidades individuais.

Em suma, o quadro 15 apresenta uma comparação das práticas de integração estratificadas por níveis entre EP e EQ dos casos A e B, isto é, as atividades de comunicação e de envolvimento entre os departamentos.

Quadro 15 – Práticas de integração entre EP e EQ dos casos, estratificadas por níveis.

Dimensões Níveis	Interação/Comunicação: estruturas formais e intensidade da comunicação Colaboração/Cooperação: grau de cooperação	
	Caso A	Caso B
<b>Estratégico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reuniões (EQ participa da elaboração do planejamento da qualidade conforme a necessidade e nos <i>gates</i>)</li> <li>•Incentivo e recompensa – PLR relacionado ao índice de qualidade</li> <li>•EP e EQ serem supervisionados pelo mesmo vice-presidente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reuniões (<i>gates</i>)</li> <li>•Incentivo e recompensa – PLR relacionado ao índice de qualidade.</li> </ul>
<b>Tático</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reuniões de planejamento dos testes, determinação dos índices de reclamações em campo, desenvolvimento de protótipo</li> <li>•Reuniões semanais entre os gerentes de EP e EQ (interação por telefone ou via Skype, WhatsApp e compartilhamento de arquivos em nuvem e e-mails)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reuniões presenciais entre os gerentes de EP e EQ pois ambos os departamentos se localizam na mesma planta e, geralmente, ocorrem conforme a necessidade e complexidade de cada projeto.</li> </ul>
<b>Operacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Atividades interdependentes (testes e ensaios, inspeções, melhorias e validações de produtos e protótipos)</li> <li>•Execução do DFMEA</li> <li>•Verificação e validação de fornecedores</li> <li>•Desenvolvimento de protótipos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Atividades interdependentes (testes e ensaios, inspeções, melhorias e validações de produtos)</li> <li>•Execução do DFMEA</li> <li>•Verificação e validação de fornecedores</li> </ul>
<b>Pessoal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tempo de permanência na empresa faz com que os colaboradores se interagem e trabalhem em conjunto (colaboradores de ambos os departamentos trabalham há mais de 5 anos na empresa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reuniões que visam o aprimoramento das habilidades individuais</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação à integração estratégica, os *gates* acontecem em ambos os casos por videoconferência e o caso A se destaca pelo fato de EP e EQ serem supervisionados pelo mesmo vice-presidente, fazendo com que compartilhamento de informações e de entendimento mútuo entre os departamentos seja mais satisfatório, segundo os relatos. Os mecanismos formais de integração tática tais como as reuniões periódicas, cronogramas e procedimentos também são praticamente os mesmos para ambos os casos. A diferença entre os casos está no fato em que

no caso A as reuniões ocorrerem semanalmente via telefone e, no caso B, presencialmente e conforme a necessidade do projeto.

Em termos operacionais, que diz respeito às atividades interdependentes que envolvem os procedimentos de verificação e validação de peças, amostras, protótipos, fornecedores, análise de falhas ocorrem em ambos os casos. Entretanto, no caso A, quando não conseguem alinhar as decisões e os entendimentos, como os departamentos se localizam geograficamente distantes, o pessoal se desloca na busca de uma solução, além de algumas atividades de desenvolvimento necessitarem a presença de ambos os departamentos como desenvolvimento de protótipos e fabricação de lotes pilotos. Já em termos de integração pessoal, segundo os entrevistados do caso A, o tempo em que os trabalhadores estão na empresa (há mais de cinco anos) faz com que haja uma afetividade mais intensa entre o pessoal de EP e EQ.

#### **4.3.1 Uso do DFMEA para integração entre o DP e a EQ**

O DFMEA é uma ferramenta utilizada em ambos os casos e a razão para iniciar o seu uso deve-se, principalmente, às exigências dos procedimentos de desenvolvimento de produtos da própria empresa, isto é, seu uso é considerado uma atividade inerente ao DP, pois tem o intuito de assegurar a qualidade do produto desde o início do desenvolvimento, caracterizando um ponto forte do seu uso de acordo com argumentos apresentados por Lodgaard et al. (2011).

A busca pela qualidade do produto faz com que os membros desenvolvam atividades conjuntas e compartilhem informações e recursos. Desse modo, a execução da ferramenta DFMEA ocorre por meio de uma equipe multifuncional que envolve, principalmente, os departamentos de Engenharia do Produto e Engenharia da Qualidade, conforme relatado nos casos, reforçando que o DFMEA não pode ser realizado individualmente, ou seja, é uma decisão em grupo, como sugerido nos estudos de Guerrero e Bradley (2012) e Cabanes et al. (2016).

No caso A, a EQ é responsável por gerenciar essa ferramenta e no B, a EP. Em ambos os casos, a EP é responsável pela definição do projeto do produto, o que diferencia são os responsáveis pelas atividades de verificação e validação, sendo que no caso A, a EQ as realiza e isso mantém a interação e colaboração entre ambos ao longo de todo o desenvolvimento além de análises com diferentes perspectivas. No caso B as atividades de verificação e validação são realizadas apenas pela EP e os entrevistados consideram que, como a EP é responsável por definir todas as características do produto (especificações, por exemplo)

é mais viável o próprio departamento definir e realizar as atividades de verificação da qualidade, deixando a EQ responsável pela documentação dos resultados dessas atividades, uma vez que a elaboração desses registros necessita da colaboração e compartilhamento de informações entre ambos os departamentos. Segundo Chan, Ip e Zhang (2012) atribuir as atividades de concepção de produtos, preparação de protótipo, verificação e validação à apenas ao departamento de EP pode fazer com que poucos elementos de qualidade sejam considerados ocasionando problemas de qualidade, como falhas no produto. No entanto, esta argumentação contradiz a situação do caso B, já que a maioria dos problemas de qualidade do produto estão relacionados à qualidade de conformação e não à qualidade de projeto.

O DFMEA é considerado, em ambos os casos, um documento vivo, onde ocorre a retroalimentação de novos dados, isto é, sua aplicação é contínua durante todo o DP indo ao encontro das constatações de Lodgaard et al. (2011), além de ser atualizado e revisado sempre que há modificações necessárias, como falhas detectadas em um produto semelhante no mercado ou mudança de matéria-prima, a fim de alcançar a melhoria desejada seja por meio de reuniões entre os membros da equipe DFMEA ou nos *gates*.

Em ambos os casos, um procedimento padrão utilizado para interação na realização e registros do DFMEA é o Excel que foi descrito como um software eficiente devido à sua viabilidade econômica e operacional. As regras e os critérios para a aplicação do DFMEA foram considerados claros e o tempo despendido para a realização do mesmo depende da complexidade do produto corroborando com alguns autores da área (CHAO; ISHII, 2007; AIAG, 2008; LODGAARD et al., 2011). Os dois casos também revelaram que a terminologia usada para descrição dos itens dentro do estudo de DFMEA é padronizada, o que pode explicar o fato de usarem o DFMEA de produtos semelhantes desenvolvidos anteriormente como ponto de partida para uma nova análise em ambos os casos, por isso a importância dos registros anteriores para o compartilhamento de informações. Ao conceber um novo produto com especificações diferentes, o conhecimento sobre os riscos do produto, lições aprendidas, bem como os processos de inspeção adequados são raros e baseiam-se principalmente na experiência do pessoal e em análises de relatórios existentes de produtos semelhantes, considerados um ponto forte na execução dos FMEAs segundo Lodgaard et al. (2011), além de ser um meio de compartilhamento de informações tendo em vista o alcance de objetivos comuns.

No caso A, durante as reuniões de DFMEA os itens analisados em DFMEA anteriores que possuem NPR baixo são ignorados, ou seja, o novo relatório de falhas assume as mesmas análises de falhas em relatórios anteriores para o novo produto. Entretanto, assumir a mesma análise, conforme os relatos, resultaram em falhas no produto após seu uso,

corroborando com os achados de Chao e Ishii (2007) e de Cabanes et al. (2016). No caso B, quando o projeto de desenvolvimento é uma inovação incremental, sem mudanças significativas no produto, as reuniões de DFMEA não são executadas uma vez que são reutilizados os relatórios de DFMEA de produtos semelhantes existentes. Apesar disso, não houve relatos de que esta prática afetou a qualidade do produto final.

Uma discrepância entre os casos está relacionada às práticas de interação para a realização do DFMEA. No caso A, as reuniões de DFMEA são realizadas por meio de videoconferência e no caso B, os encontros são presenciais, isto é, fazem o uso da co-localização. Além disso, há utilização da técnica *brainstorming*, em que, no caso A, toda a equipe é obrigada a expor sua opinião, diferentemente do caso B, onde cada um da equipe se expressa quando achar necessário. Ainda no caso B, como EP e EQ estão co-localizados, vários outros meios para melhorar a execução do DFMEA são utilizados, como utilizar as peças e/ou amostras dos produtos físicos nas reuniões análise de falhas, levar a equipe DFMEA ao local onde há a produção do produto e reunir-se com diferentes operadores a fim de discutir sobre possíveis falhas e não apenas com um representante deles nas reuniões formais de DFMEA são práticas compatíveis com os achados de Gray, Siemsen e Vasudeva (2015).

Erros de comunicação e transferências de informações inconsistentes conforme relatado por Cabanes et al. (2016) e Renu et al. (2016) e diminuição na qualidade das informações, uma objeção declarada por Würtenberger et al. (2014) na realização do DFMEA, pode influenciar na qualidade do produto por isso a adoção de diferentes práticas de integração para a execução do DFMEA no caso B é usada para melhorar as análises a fim de diminuir ou até mesmo eliminar as falhas. Além disso, essas diferentes práticas de integração para a execução do DFMEA fazem com que as informações sejam mais especificadas e detalhadas melhorando a qualidade das mesmas além de poderem explicar o fato de que a maioria dos problemas relacionados à qualidade, no caso B, não esteja relacionado à projetos, mas à problemas de fabricação, corroborando com alguns autores da área (CHAN; IP; ZHANG, 2012; JIANG et al., 2012; KOCH et al., 2013, MARINI et al., 2015; LUNDGREN; HEDLIND; KJELLBERG, 2015; WÜRTEBERGER et al., 2014).

Para auxiliar na determinação de falhas em ambos os casos, os principais métodos relatados foram a Análise da Árvore de Falhas, Diagrama de Ishikawa e Análise de Pareto em ambos os casos devido ao DFMEA possuir muitos desafios e limitação. A utilização desses métodos tem o objetivo de colaborar com as análises a fim de eliminar ou resolver as falhas de produto assim como Teng e Ho (1996), Stamatis (2003) e Cabanes et al. (2016) propuseram em seus estudos.

A correlação entre a aplicação do DFMEA e a redução dos índices de custos e taxas de falhas do produto no mercado não é monitorada, isto é, não há dados ou índices que auxiliem a análise dessa correlação. Contudo, segundo os entrevistados do caso A, uma vez que o DFMEA de produtos anteriores foram reutilizados e algumas análises foram desconsideradas devido ao NPR baixo, houve um aumento considerável na reclamação de clientes, ou seja, o produto apresentou problemas de qualidade quando inserido no mercado. Uma outra alegação, em ambos os casos, é que os entrevistados acreditam que o número de protótipos é reduzido quando há a realização de DFMEA.

É possível realizar uma análise comparativa com a teoria sobre a existência das práticas e mecanismos de integração utilizadas na execução do DFMEA. Alguns aspectos gerais podem ser observados no quadro 16.

Quadro 16 – Comparação entre as práticas de integração identificadas na literatura e análise dos casos

<b>Integração</b>	<b>DFMEA (teoria)</b>	<b>Casos</b>
<b>Interação</b> (Reuniões, equipes, telefonemas, e-mails, procedimentos padrões, memorandos e relatórios, fax)	Os FMEAs são uma função de decisão em grupo (TENG; HO, 1996; STAMATIS, 2003; GUERRERO; BRADLEY, 2012; CABANES et al., 2016).	Em ambos os casos a equipe de DFMEA é formada, principalmente pela EQ e EP. A diferença está nos responsáveis pela realização do mesmo (caso A a EQ é responsável e caso B, EP) e na prática de interação (caso A, reuniões presenciais e caso B, reuniões por videoconferência).
	Uso de planilha padrão, com colunas predefinidas é usado para definir áreas de risco (CHAO; ISHII, 2007; AIAG, 2008; LODGAARD et al., 2011)	Os casos seguem um procedimento padrão e os resultados das análises são registradas em planilhas de Excel. As regras e os critérios para aplicação do DFMEA são bem definidos
<b>Colaboração</b> (Objetivo comum, entendimentos mútuos, atividades informais, recursos compartilhados, visão comum, espírito de grupo)	Reutilização de FMEAs existentes por meio da análise dos relatórios e lições aprendidas em fases de verificação e validação (CHAO; ISHII, 2007; ZHENG; LIU; MCMAHON, 2010; LODGAARD et al., 2011)	Software próprio da empresa que guarda os relatórios de falhas realizados anteriormente em produtos semelhantes. Em projetos incrementais, no caso A, há reuniões de análise e quando o NPR é baixo, a análise é ignorada. No caso B, há apenas a reutilização de todas as análises existentes em relatórios de DFMEAs de produtos semelhantes.
	O FMEA é um documento vivo que precisa ser atualizado durante todo o desenvolvimento para alcançar a melhoria desejada (LODGAARD et al., 2011)	DFMEA é atualizado sempre quando há uma modificação no produto ou no processo devido a falhas registradas ou reclamações de clientes.
	Uso de métodos como brainstorming, análise de causa e efeito (diagrama de Ishikawa), simulação, outro FMEA, etc. (TENG; HO, 1996; STAMATIS, 2003; CABANES et al., 2016) na busca minimização de falhas.	Em ambos os casos o <i>brainstorming</i> é utilizado. No caso A, é obrigatório os membros se posicionarem. Já no caso B, cada participante tem autonomia para expor seu ponto de vista ou não. Os métodos auxiliares como a Análise da Árvore de Falhas, Diagrama de causa e efeito e análise de Pareto, foram relatados nos dois casos.

Fonte: Elaborado pela autora.

A análise do quadro 16 permite observar que para a execução do DFMEA há o uso de práticas de integração entre as áreas funcionais da empresa como reuniões, conversas informais, e-mails, relatórios e desenvolvimento de trabalho em conjunto por meio de uma equipe composta por membros principalmente da EQ e da EP, na busca de um objetivo comum: minimização de falhas tendo em vista a melhoria da qualidade. A combinação dessas atividades de comunicação e o desenvolvimento de atividades conjuntas entre os departamentos evidencia que o uso do DFMEA requer a integração interfuncional, principalmente entre EP e EQ, pois a EQ, geralmente, é um departamento formado por pessoas experientes e que possuem conhecimentos necessários para realizar avaliações de qualidade adequadas, conforme os relatos.

Um ponto que pode ser evidenciado é que, além desses mecanismos, a utilização de recursos como a PLR pode ser considerada uma prática que contribui para a integração entre DP e EQ mediante a execução do DFMEA, pois, em ambos os casos, este mecanismo vincula o sistema de remuneração dos colaboradores aos índices de falhas do produto no mercado e aos custos da não qualidade, fazendo com que os membros trabalhem em conjunto para atingir os objetivos referentes à qualidade dos produtos. Além disso, no caso A, o fato dos departamentos de Engenharia da Qualidade e Desenvolvimento de Produtos possuírem um mesmo gerente, também revela ser uma característica que contribui para integração entre ambos, pois todos os resultados, inclusive as análises do DFMEA, devem ser reportados a esse mesmo gestor, fazendo com que todos caminhem juntos em prol dos mesmos objetivos e metas.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As empresas podem adotar estratégias diferentes para a integração durante o DP a fim de alcançar um desenvolvimento bem-sucedido. De modo geral, todos os membros da empresa devem assumir critérios de qualidade em seu trabalho, ou seja, a qualidade deve estar disseminada por toda empresa e a responsabilidade pela qualidade deve ser uma estratégia de todos os colaboradores. Este trabalho buscou descrever e analisar aspectos sobre a integração entre o Desenvolvimento de Produtos e Engenharia da Qualidade em empresas industriais e analisar esses mesmos aspectos mediante a execução do DFMEA. Existem diversos estudos na literatura (Kahn, 1996; Griffin e Hauser, 1996; Olson et al., 2001; Leenders e Wierenga, 2002; Gonzalez-Zapatero, Gonzalez-Benito e Lannelongue, 2016) que abordam sobre a integração interfuncional no desenvolvimento de produto e os mecanismos para que a mesma ocorra. Outros trabalhos (Chao; Ishii, 2007; Lodgaard et al., 2011; Guerrero; Bradley, 2012; Cabanes

et al., 2016; Renu et al., 2016; Banghart, M.; Babski-reeves, K.; Bian, L., 2016) abordam o FMEA, as práticas adotadas para sua execução e a contribuição da sua utilização durante o desenvolvimento de produtos a fim de alcançar a qualidade dos produtos. Entretanto, não há trabalhos que relacionem a integração interfuncional, mais especificamente entre Desenvolvimento de Produtos e Engenharia da Qualidade, por meio do uso do DFMEA. Acredita-se que a presente Dissertação contribui nesse sentido, no entanto, por se tratar de estudo de casos, os resultados não podem ser generalizados. Apesar disso, cabem aqui algumas considerações finais.

Os casos mostram que a interação e a colaboração da EQ durante o desenvolvimento de produtos fazem com que os membros envolvidos no DP tenham uma preocupação maior em garantir a qualidade, pois toda a atividade realizada é avaliada pela EQ, seja durante a fase por meio do desenvolvimento de atividades conjuntas ou ao fim dela por meio da avaliação, registros dos resultados, ou elaboração do PPAP, conforme relatado nos casos. A integração entre DP e Engenharia da Qualidade varia conforme o tipo ou grau de inovação do produto, e os mecanismos que auxiliam essa integração podem estar relacionados à perspectiva organizacional (formação de equipes, proximidade física), dos recursos (utilização de ferramentas de TI para comunicação e incentivos e recompensas) e das ferramentas para integração (uso do DFMEA).

Em resposta à principal questão de pesquisa “como a utilização do DFMEA pode apoiar a integração entre DP e Engenharia da Qualidade? ”, conclui-se que o DFMEA exerce um papel fundamental na integração entre DP e EQ. Os casos admitiram que o uso desta ferramenta não é por ser apenas um requisito dos clientes, mas por ser uma ferramenta fundamental na tomada de decisão do desenvolvimento de produtos fazendo com que os membros envolvidos tenham um objetivo comum: eliminar falhas a fim de alcançar melhorias nos resultados. Assim, um mecanismo que contribui para a comunicação e colaboração entre DP e EQ na execução do DFMEA é a PLR, pois vincula o sistema de remuneração aos índices de falhas do produto no mercado e aos custos da não qualidade, fazendo com os membros realizem atividades de comunicação e desenvolvam trabalhos em conjunto para que a empresa atinja um objetivo comum: a qualidade dos produtos.

Um outro mecanismo de integração entre DP e EQ durante o DFMEA é o uso de equipes multifuncionais cuja participação dos membros da Engenharia da Qualidade nas reuniões de análises, em ambos casos, é imprescindível, o que impulsiona a comunicação e o envolvimento entre os departamentos. Quando a co-localização é utilizada para execução do DFMEA, as reuniões de análise são mais dinâmicas, pois há vários outros meios para melhorar

a execução do mesmo fazendo com que as informações sejam mais especificadas e detalhadas melhorando a qualidade das mesmas. Assim, quando há o desenvolvimento de um projeto incremental, as reuniões de análises não acontecem e o compartilhamento de informações ocorre por meio dos registros de DFMEAs realizados em produtos semelhantes que são reutilizados no novo projeto. No caso em que as reuniões são realizadas por meio de TICs, sempre há reuniões de análises e apenas quando o NPR de produtos semelhante é baixo que a análise é desconsiderada, o que fez com que já tenha ocorrido que o novo produto apresentasse problemas de qualidade no mercado.

O tipo de prática utilizada para interação entre os membros da equipe pode estar relacionado à melhoria da qualidade do produto desenvolvido, uma vez que a maioria dos problemas de qualidade dos produtos do caso B, cujas reuniões de análises são realizadas presencialmente, está relacionada a falhas nas fases de fabricação e não a fases de projeto.

Assim, o fato das equipes de EP e EQ estarem distantes fisicamente apresentou uma barreira de integração interfuncional, mesmo com o avanço das TICs. O uso de TICs realmente assume um papel importante para integração ao diminuir distâncias, facilitar a troca de informações e permitir o acompanhamento do desenvolvimento por equipes mesmo que distantes geograficamente além de armazenar dados e compartilhar eletronicamente os registros.

Porém, conforme observado nos casos, pode haver uma perda de informação devido à capacidade que a pessoa tem de transmitir a informação de maneira clara e correta, limitando as análises de falhas e o alcance de um resultado comum que é a qualidade do produto. Um importante destaque deve ser dado ao fato das empresas, em ambos os casos, utilizarem a proximidade física entre EP e EQ para melhorar a resolução de problemas de qualidade do produto, pois o contato face a face facilita a discussão do problema imediatamente.

Um outro mecanismo de integração entre DP e EQ durante o DFMEA, observado em um dos casos e que merece destaque, é os departamentos de EP e EQ estarem sob a mesma supervisão. Os departamentos de EP e EQ serem supervisionados por um mesmo diretor é uma prática que propicia o compartilhamento de informações, uma vez que os resultados das análises de falhas devem ser compreendidos pelos envolvidos conduzindo todos num único objetivo, além de alinhar as decisões.

Em suma, a utilização de equipes, a associação de remuneração dos colaboradores aos índices de falhas do produto e os departamentos serem supervisionados por um mesmo diretor, fazem com que os membros busquem a minimização de falhas e melhoria da qualidade, isto é, atinjam um objetivo comum caracterizando mecanismos de integração

entre DP e EQ relacionados diretamente à execução do DFMEA. Desse modo, a análise dos casos é um estímulo para as empresas buscarem aprimorar as práticas de integração entre DP e EQ, principalmente na adoção de estratégias de execução do DFMEA, em prol da melhoria da qualidade de seus produtos, a partir do reconhecimento dos problemas e limitações de comunicação e colaboração entre ambos.

É importante ressaltar que o instrumento de coleta de dados principal, entrevista com roteiro semiestruturado, possui limitações da percepção e análise do entrevistado e do entrevistador. A pesquisa limitou-se também aos relatos das pessoas de nível estratégico e tático das áreas estudadas indicados pelas empresas. Pesquisas futuras poderiam coletar os relatos de indivíduos de nível operacional das empresas, propiciando uma visão mais ampla dos aspectos de integração.

Outra possibilidade de continuidade da pesquisa é a investigação com um número maior de empresas, com maior nível de desdobramento das práticas e mecanismos, possibilitando maior generalização e consistência das conclusões. Além disso, poderiam realizar uma correlação entre a realização do DFMEA por meio da integração da EQ no DP e a redução das taxas de falhas, índices de custos e número de protótipos através de estudo quantitativo, a fim de dimensionar os dados obtidos.

Espera-se que esta Dissertação tenha contribuído de forma a esclarecer um fenômeno pouco estudado na literatura e que se faz presente nas organizações, de forma a contribuir tanto com a pesquisa em Engenharia de Produção, como com a implantação de práticas e com a utilização dos mecanismos de integração entre DP e EQ nas empresas pelos seus gestores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIAG. Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) - Reference Manual, Fourth Edition, 2008.

AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. Colaboração cliente-fornecedor no Processo de Desenvolvimento de Produto: estudo de casos na indústria de autopeças. **Gest. Prod.** v.7, n.1, p. 56-72, 2000.

ANDRADE, J. H., FERNANDES, F. C. F. Barreiras e desafios para melhoria da integração interfuncional entre Desenvolvimento de Produto e Planejamento e Controle da Produção em ambiente Engineering-to-Order. **Gest. Prod.** São Carlos, 2015.

BADIRU, A. B. Quality Insights: The DEJI Model for quality Design, Evaluation, Justification, and Integration. **International Journal of Quality Engineering and Technology**, v. 4, n. 4, p.369-378, 2014.

- BAI, W.; FENG, Y.; YUE, Y.; FENG, L. Organizational Structure, Cross-functional Integration and Performance of New Product Development Team. **Procedia Engineering**, v. 174, p.621-629, 2017.
- BANGHART, M.; BABSKI-REEVES, K.; BIAN, L. Human induced variability during failure mode effects analysis. In: ANNUAL RELIABILITY AND MAINTAINABILITY SYMPOSIUM, Tucson. **Proceedings**. United States: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016.
- BANKER, R. D.; BARDHAN, I.; ASDEMIR, O. Understanding the Impact of Collaboration Software on Product Design and Development. **Information Systems Research**, v. 17, n. 4, p.352-373, 2006.
- BAUER, W.; GANSCHAR O.; POKORNI B.; SCHLUND S. Concept of a Failures Management Assistance System for the Reaction on Unforeseeable Events during the Ramp-up. **Procedia Cirp**, v. 25, p.420-425, 2014.
- BRETTEL, M. HEINEMANN, F; ENGELN, A; NEUBAUER, S. Cross-Functional Integration of R&D, Marketing, and Manufacturing in Radical and Incremental Product Innovations and Its Effects on Project Effectiveness and Efficiency. **The Journal of Product Innovation Management**. v.28, p.251-269, 2011.
- BRYMAN, Alan. **Research methods and organization studies**. New York, Unwin Hyman, 1989.
- CABANES, B.; HUBAC S.; LE MASSON P.; WEIL B. From FMEA as a problem solving method to a design-oriented process: toward a design perspective of FMEA In: 14th International Design Conference, DESIGN 2016, Dubrovnik, Croatia. **Proceedings International Design Conference**, 2016.
- CANIATO, F. et al. Internationalisation and outsourcing of operations and product development in the fashion industry. **Production Planning & Control**, v. 26, n. 9, p.706-722, 2015
- CARBONE, T. A. Integrating operations and product development methodologies for improved product success using advanced product quality planning. **IEEE/semi Conference and Workshop on Advanced Semiconductor Manufacturing 2005**, p.1-6, 2005.
- CHAN, S.L.; IP, W.H.; ZHANG, W.J. Integrating failure analysis and risk analysis with quality assurance in the design phase of medical product development. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 8, p.2190-2203, 2012.
- CHAO, L. P.; ISHII, K. Design Process Error Proofing: Failure Modes and Effects Analysis of the Design Process. **Journal of Mechanical Design**, v. 129, n. 5, p.491-501, 2007.
- CHEN, H.; DAUGHERTY, P. J.; ROATH, A. S. Defining and operationalizing supply chain process integration. **Journal of Business Logistics**, v. 30, n. 1, p.63-84, 2009.
- CHEN, Y. Z.; LIU, Y.; WEN, B. C. Research on the Product Quality Control Based on the Systematic Design Process. **Applied Mechanics and Materials**, v. 263-266, p.3250-3254, 2012.
- CHIANG, Y.; CHEN, W.; HO, C. Application of analytic network process and two-dimensional matrix evaluating decision for design strategy. **Computers & Industrial Engineering**, v. 98, p.237-245, 2016.
- CHIN, K.; CHAN, A.; YANG, J. Development of a fuzzy FMEA based product design system. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 36, n. 7-8, p.633-649, 2007.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance**: strategy, organization and management in the world auto industry. Boston: HBS Press, 1991.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C.. **Managing new product and process development: text and cases**. New York: Free Press, 1993.

COLE, R. E. From Continuous Improvement to Continuous Innovation. **Quality Management Journal**, v.8 n.4, 2001. Disponível em: <[http://asq.org/pub/qmj/past/vol8\\_issue4/cole.html](http://asq.org/pub/qmj/past/vol8_issue4/cole.html)>. Acesso em: 15 jan. 2017.

COOPER, R. G.. Perspective: The Stage-Gate®Idea-to-Launch Process—Update, What's New, and NexGen Systems. **Journal of Product Innovation Management**, v. 25, n. 3, p.213-232, 2008.

DIETRICH, P.; ESKEROD, P.; DALCHER, D.; SANDHAWALIA, B. The Dynamics of Collaboration in Multipartner Projects. **Project Management Journal**, v. 41, n. 4, p.59-78, 2010.

DIJKSTERHUIS, G. New product failure: Five potential sources discussed. **Trends in Food Science & Technology**, v. 50, p.243-248, 2016.

ENG, T.; OZDEMIR, S. International R&D partnerships and intrafirm R&D–marketing–production integration of manufacturing firms in emerging economies. **Industrial Marketing Management**, v. 43, n. 1, p.32-44, 2014.

ERIKSSON, M.; MOTTE, D. An integrative design analysis process model with considerations from quality assurance. In: ICED'13, Seoul. **Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design - ICED'13**. South Korea: Design Society, v. 75, p. 449 – 458, 2013.

ERIKSSON, M.; MOTTE, D. An integrative design analysis process model with considerations from quality assurance. In: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design – ICED 13, 75., 2013 **Proceedings...** South Korea: Design Society, 2013, p. 449-458.

ERNST, H., HOYER, W., RÜBSAAMEN, C. Sales, marketing and R&D cooperation across new product development stages: Implications for success. **Journal of Marketing**, v.74, n.5, p. 80–92, 2010.

FEIGENBAUM, A. **Total Quality Control**. 3. ed. New York: Mcgrawhill, 1991.

FLYNN, B. B.; FLYNN, E. J. Synergies between supply chain management and quality management: Emerging implications. **Int. J. Prod. Res.**, vol. 43, pp. 3421–3436, 2005.

FLYNN, B.B., ZHAO, X. Global supply chain quality management: Product recalls and their impact, in: Kumar, S. (Ed.), Supply chain integration: Modeling, optimization, and applications. **CRC Press**, Boca Raton, 2015.

FYNES, B.; BÚRCA, S. The effects of design quality on quality performance. **International Journal of Production Economics**, v. 96, n. 1, p.1-14, 2005.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade**. Rio de Janeiro : Qualitymark, 1992.

GOMES, J.F.S; WEERD-NEDERHOF, P. C.; PEARSON, A. W.; CUNHA, M. P. Is more always better? An exploration of the differential effects of functional integration on performance in new product development. **Technovation**, v. 23, n. 3, p.185-191, 2003.

GONZALEZ-ZAPATERO, C.; GONZALEZ-BENITO, J.; LANNELONGUE, G. Antecedents of functional integration during new product development: The purchasing–marketing link. **Industrial Marketing Management**, v. 52, p.47-59, 2016.

GRAY, J. V.; SIEMSEN, E.; VASUDEVA, G. Colocation Still Matters: Conformance Quality and the Interdependence of R&D and Manufacturing in the Pharmaceutical Industry. **Management Science**, v. 61, n. 11, p.2760-2781, 2015.

GRIFFIN, A.; HAUSER, J. R.. Integrating R&D and marketing: A review and analysis of the literature. **Journal of Product Innovation Management**, v. 13, n. 3, p.191-215, 1996.

GUERRERO, H. H.; BRADLEY, J. R. Failure Modes and Effects Analysis: An Evaluation of Group versus Individual Performance. **Production and Operations Management**, v. 22, n. 6, p.1524-1539, 2012.

GUPTA, A. K.; RAJ, S. P.; WILEMON, D. R&D and marketing managers in high-tech companies: Are they different? **IEEE Transactions on Engineering Management**, v.33, n. 1, p.25-32, 1986.

HEMPELMANN, F.; ENGELEN, A. Integration of Finance with Marketing and R&D in New Product Development: The Role of Project Stage. **Journal of Product Innovation Management**, v. 32, n. 4, p.636-654, 2014.

HOEGL, Martin; ERNST, Holger; PROSERPIO, Luigi. How Teamwork Matters More as Team Member Dispersion Increases. **Journal of Product Innovation Management**, v. 24, n. 2, p.156-165, 2007.

HUO, B.; ZHAO, X.; LAI, F. Supply Chain Quality Integration: Antecedents and Consequences. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 61, n. 1, p.38-51, 2014. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE).

JAYARAM, J.; NARASIMHAN, R.. The Influence of New Product Development Competitive Capabilities on Project Performance. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 54, n. 2, p.241-256, 2007.

JIANG, H.; KWONG, C.K.; LIU, Y.; IP, W.H. A methodology of integrating affective design with defining engineering specifications for product design. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 8, p.2472-2488, 2014.

JIANG, X.; XU, L.; ZHANG, X.; BIAN, Y. Study on Product Lifecycle Oriented Product Design Quality Control System. In: International Asia Conference On Industrial Engineering And Management Innovation (IEMI2012) Proceedings, 4444., 2012, Berlin. **Proceedings... Heidelberg: Springer**, 2012. p. 793 - 803.

JING, N.; YANG, C.. The interrelationship among quality planning, knowledge process and new product development performance. 2009 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, p.1051-1055, 2009.

JING, N.; YANG, C. Quality gaps in new product development. **2010 IEEE 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, p.881-883, 2010.

JURAN, J.M.; GODFREY, A.B. **Juran's quality handbook**. USA: McGraw-Hill, 5 th edition, 1999.

KAHN, K. B.; BARCZAK, G.; NICHOLAS, J.; LEDWITH, A.; PERKS, H. An Examination of New Product Development Best Practice. **Journal of Product Innovation Management**, v. 29, n. 2, p.180-192, 2012.

KAHN, K. Interdepartmental integration: A definition with implications for product development performance. **Journal of Product Innovation Management**, v. 13, n. 2, p.137-151, 1996.

KAHN, K. MCDONOUGH, E. F. An empirical study of the relationships among co-location, integration, performance, and satisfaction. **Journal of Product Innovation Management**, v. 14, n. 3, p.161-178, 1997.

KIM, B.; KIM, J. Structural factors of NPD (new product development) team for manufacturability. **International Journal of Project Management**, v. 27, n. 7, p.690-702, 2009.

KLEINSMANN, M.; BUIJS, J.; VALKENBURG, R. Understanding the complexity of knowledge integration in collaborative new product development teams: A case study. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 27, n. 1-2, p.20-32, 2010.

KOCH, J.; GREITEMANN, J.; PLEHN, C.; REINHART, G. Cycle Oriented Quality Management at the Interface of Product Development and Production Planning. **Product Lifecycle Management for Society**, p.491-499, 2013.

KUKULIES, J.; FALK, B.; SCHMITT, R. A Holistic Approach for Planning and Adapting Quality Inspection Processes Based on Engineering Change and Knowledge Management. **Procedia Cirp**, v. 41, p.667-674, 2016.

KURNIATI, N.; YEH, R.; LIN, J. Quality Inspection and Maintenance: The Framework of Interaction. **Procedia Manufacturing**, v. 4, p.244-251, 2015.

KWON, Y.; RAUNIAR, S.; CHIOU, R.; SOSA, H. Remote Control of Quality Using Ethernet Vision and Web-enabled Robotic System. **Concurrent Engineering**, v. 14, n.1, p.35-42, 2006.

LAWRENCE, P., R.; LORSCH, J. W. **As empresas e o ambiente: diferenciação e integração administrativas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

LEENDERS, M. A.; WIERENGA, B. The effectiveness of different mechanisms for integrating marketing and R&D. **Journal of Product Innovation Management**, v. 19, n. 4, p.305-317, 2002.

LIU, B.; PBELL, R.; PEI, E. Real-time integration of prototypes in the product development process. **Assembly Automation**, v. 33, n. 1, p.22-28, 2013.

LODGAARD, E.; PELLEGÅRD, Ø.; RINGEN, G.; KLOKKEHAUG, J. A. Failure Mode and Effects Analysis in Combination with the Problem Solving A3. In: ICED 11, Lyngby/Copenhagen. **Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design**. Denmark, v.9, p.71-79, 2011.

LUNDGREN, M.; HEDLIND, M.; KJELLBERG, T. Model-driven Process Planning and Quality Assurance. **Procedia Cirp**, v. 33, p.209-214, 2015.

MARINI, C. D.; FATCHURROHMAN N.; AZHARI A.; SURAYAS. Product Development using QFD, MCDM and the Combination of these Two Methods. **Iop Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 114, p.1-8, 2016.

MAROPOULOS, P.; CEGLAREK, D. Design verification and validation in product lifecycle. **Cirp Annals - Manufacturing Technology**, v. 59, n. 2, p.740-759, 2010.

MARTINS, R. A. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In: MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 47-63.

MIGUEL, P. A. C.; SOUSA, R. O Método do Estudo de Caso na Engenharia de Produção. In: MIGUEL, Paulo A. C. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 131-148.

MILLSON, M. R.; WILEMON, D. The impact of Organizational Integration and Product Development Proficiency on Market Success. **Industrial Marketing Management**, v.31, p.1-23, 2002.

MINGUELA-RATA, B.; ARIAS-ARANDA, D.. New product performance through multifunctional teamwork: An analysis of the development process towards quality excellence. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 20, n. 4, p.381-392, 2009.

MONTOYA-TORRES, J. R.; ORTIZ-VARGAS, D. A.. Collaboration and information sharing in dyadic supply chains: A literature review over the period 2000–2012. **Estudios Gerenciales**, v. 30, n. 133, p.343-354, 2014.

NEPAL, B.; MONPLAISIR, L.; SINGH, N. A methodology for integrating design for quality in modular product design. **Journal of Engineering Design**, v. 17, n. 5, p.387-409, 2006.

O'LEARY-KELLY, S. W.; FLORES, B. E. The integration of manufacturing and marketing/sales decisions: impact on organizational performance. **Journal of Operations Management**, v. 20, n. 3, p.221-240, 2002.

OLSON, E. M., WALKER JR., O. C.; RUEKERT, R. W.; BONNER, J. M. Patterns of cooperation during new product development among marketing, operations and R&D: Implications for project performance. **Journal of Product Innovation Management**, v.18, n.4, p. 258–71, 2001.

ONOFRIO, R.; PICCAGLI, F.; SEGATO, F. Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA) for Medical Devices: Does Standardization Foster Improvements in the Practice?. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p.43-50, 2015.

OXFORD DICTIONARIES, Oxford University Press. Disponível em: <https://en.oxforddictionaries.com/>. Acesso em: maio de 2017.

PACIAROTTI, C.; MAZZUTO, G.; D'ETTORRE, D. A revised FMEA application to the quality control management. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 31, n. 7, p.788-810, 2014.

PAGELL, M. Understanding the factors that enable and inhibit the integration of operations, purchasing and logistics. **Journal of Operations Management**, v.22, p.459-487, 2004.

PMI. **Um gui do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. Project Management Institute, 2013.

PRAJAPATI, D. R. Implementation of Failure Mode and Effect Analysis: A Literature Review. **International Journal of Management**, Chandigarh, v. 2, n. 7, p.264-292, 2013.

REID, M.; HULTINK, E.; MARION, T.; BARCZAK, G. The impact of the frequency of usage of IT artifacts on predevelopment performance in the NPD process. **Information & Management**, v. 53, n. 4, p.422-434, 2016.

RENU, R.; VISOTSKY, D.; KNACKSTEDT, S.; MOCKO, G.; SUMMERS, J. D.; SCHULTE, J. A Knowledge Based FMEA to Support Identification and Management of Vehicle Flexible Component Issues. **Procedia Cirp**, v. 44, p.157-162, 2016.

ROBERT, S.; BJÖRN, F.; DANIEL, F. Efficient Validation During Product Development Using a Self-optimizing Inspection System. **Procedia Cirp**, v. 33, p.47-52, 2015.

ROCHA, J. R. P.; SALERNO, M. S. O papel do APQP - Advanced Planning for Product Quality no desenvolvimento de produtos: análise de casos na relação montadora-autopeças. **Gestão & Produção**, v. 21, n. 2, p.231-243, 2014.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R.; K. **Gestão de desenvolvimento de produto: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SARIN, S.; O'CONNOR, G. C. First among Equals: The Effect of Team Leader Characteristics on the Internal Dynamics of Cross-Functional Product Development Teams. **Journal of Product Innovation Management**, v. 26, n. 2, p.188-205, 2009.

SHAO, X-y; WU, J.; DENG, C; LI, P-G. A web-enabled collaborative quality management system. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 25, n. 2, p.95-107, 2006.

SONG, L. Z.; SONG, M. The Role of Information Technologies in Enhancing R&D-Marketing Integration: An Empirical Investigation. **Journal of Product Innovation Management**, v. 27, n. 3, p.382-401, 2010.

SONG, X. M.; MONTOYA-WEISS, M. M.; SCHMIDT, J. B. Antecedents and consequences of cross-functional cooperation: A comparison of R&D, manufacturing, and marketing perspectives. **Journal of Product Innovation Management**, v.14, p.35-47, 1997.

SONG, X. M.; NEELEY, S. M.; ZHAO, Y. Managing R&D-marketing integration in the new product development process. **Industrial Marketing Management**, v. 25, n. 6, p.545-553,1996.

SONG, X. The Impact of Cross-Functional Joint Involvement Across Product Development Stages: An Exploratory Study. **Journal of Product Innovation Management**, v. 15, n. 4, p.289-303, 1998.

SRINIVASAN, A., KUREY, B., 2014. Creating a culture of quality. *Harvard Business Review*, 92(4), 23-25.

STAMATIS, D.H. Failure Mode and Effect Analysis: from theory to execution. Second version, AQS Quality Press, Milwaukee, 2003.

TANG, X.; WANG, M.; WANG, S. A systematic methodology for quality control in the product development process. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 7, p.1561-1576, 2007.

TENG, S. H.; HO S. Y., Failure mode and effects analysis: an integrated approach for product design and process control. **International Journal of Quality and Reliability Management**, 1996, v.13, n.5, p.8-26, 1996.

TEOH, P.; CASE, K. Failure modes and effects analysis through knowledge modelling. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 153-154, p.253-260, 2004.

TESSAROLO, P. Is Integration Enough for Fast Product Development? An Empirical Investigation of the Contextual Effects of Product Vision. **Journal of Product Innovation Management**. v.24, p.69-82, 2007.

THE MERRIAN – WEBSTER DICTIONARY. Disponível em: <https://www.merriam-webster.com/>. Acesso em: maio de 2017.

TOLEDO, J. C.; BORRÁS, M. A. A., MERGULHÃO, R. C., MENDES, G. H. S. **Qualidade: Gestão e Métodos**. Ed. LTC-GEN, Rio de Janeiro, 2013.

TSENG, K. C.; ABDALLA, H.; SHEHAB, E. M. A Web-based integrated design system: its applications on conceptual design stage. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 35, n. 9-10, p.1028-1040, 2006.

TULI, P.; SHANKAR, R. Collaborative and lean new product development approach: a case study in the automotive product design. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 8, p.2457-2471, 30 out. 2014.

TURKULAINEN, V.; KETOKIVI, M. Cross-functional integration and performance: what are the real benefits?. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 32, n. 4, p.447-467, 2012.

VERNADAT, F. B. **Enterprise modeling and integration: principles and applications**. London: Chapman & Hall, 1996.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195–219, 2002.

WONG, C. Y.; BOON-ITT, S.; WONG, C. W.Y. The contingency effects of environmental uncertainty on the relationship between supply chain integration and operational performance. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 6, p.604-615, 2011.

WU, L. Managing design quality and conformance quality: models and insights. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 21, n. 4, p.383-389, 2010.

WÜRTEMBERGER, J.; KLOBERDANZ, H.; LOTZ, J.; VON AHSEN, A. Application of the FMEA during the product development process – Dependencies between level of information and quality of result. In: PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE, DESIGN 2014. Dubrovnik - Croatia. **Proceedings of International Design Conference**, p. 417 – 426, 2014.

XIE, J.; SONG, M.; STRINGFELLOW, A. Antecedents and Consequences of Goal Incongruity on New Product Development in Five Countries: A Marketing View. **Journal of Product Innovation Management**, v. 20, n. 3, p.233-250, 2003.

YIN, R. K. **Case study research – design and methods**. London, Sage, 1989.

ZHANG, M.; GUO, H.; HUO, B.; ZHAO, X.; HUANG, J. Linking supply chain quality integration with mass customization and product modularity, **Intern. Journal of Production Economics**, 2017.

ZHENG, L. Y.; LIU, Q.; MCMAHON, C. A. Integration of Process FMEA with Product and Process Design Based on Key Characteristics. **Advances in Intelligent and Soft Computing**, p.1673-1686, 2010.

ZHU, Y.; YOU, J.; ALARD, R. SCHÖNSLEBEN. Design quality: a key to improve product quality in international production network. **Production Planning & Control**, v. 20, n. 2, p.168-177, 2009.

## APÊNDICE A – CARTA CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

Sou aluna de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, orientada do professor José Carlos de Toledo, junto com o qual estamos desenvolvendo pesquisa na área de Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos. A proposta é investigar o comportamento da integração entre o Desenvolvimento de Produto e a Qualidade, analisando as relações e as práticas adotadas, bem como os problemas e desafios enfrentados dessa integração.

Haveria a possibilidade de realizar um estudo de caso no NOME DA EMPRESA? Poderíamos efetuar um estudo com os senhores por meio de entrevistas (presenciais ou até mesmo virtuais (por Skype, telefone, etc.)) e conforme as suas disponibilidades. Seria possível?

Salientamos que esta parceria não terá custos para a empresa e será protegida por um termo de confidencialidade (caso desejem, poderá ser assinado um termo de confidencialidade entre as partes). Sendo assim, a NOME DA EMPRESA e seus colaboradores não terão os nomes divulgados e poderão vetar pontos que considerem estratégicos para que não sejam publicados ou utilizados na pesquisa. Os pontos não vetados auxiliarão na elaboração de uma dissertação de mestrado. Estamos abertos à contrapropostas a fim de estabelecer uma parceria produtiva para ambos.

Segue em anexo o protocolo da pesquisa e nos colocamos a disposição para sanar qualquer dúvida que possa vir a ter.

Antecipadamente agradeço,

Fernanda Campos Bueno

## APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA

### 1- Caracterização dos departamentos

#### *-Desenvolvimento de produtos*

- Descreva resumidamente como é o modelo de desenvolvimento de produtos da empresa, quais são as fases, quais os departamentos envolvidos.
- Qual área assume a coordenação do desenvolvimento de produto? Há diferentes líderes de projetos? De quais áreas os líderes pertencem?
- Quais áreas participam das equipes de desenvolvimento?
- Existem diversas equipes para o desenvolvimento de produtos ou é sempre a mesma equipe que participa do desenvolvimento? (Por exemplo, a equipe formada depende do tipo de produto a ser desenvolvido, depende do líder)
- Havendo equipes diferentes: existe algum critério para que determinado projeto de produto seja desenvolvido por uma ou outra equipe?

#### *- Qualidade*

- De modo geral, como é a atuação da Qualidade na empresa (principalmente antes de iniciar a produção em escala)? Quais são as principais responsabilidades?

### 2 – Integração entre DP e Qualidade

#### Práticas de integração

#### *- Colaboração*

- Em quais fases do DP a Qualidade participa e quais atividades ela realiza?

<b>Fases/entregas</b>	<b>Ações</b>
Projeto informacional (especificações-meta)	
Projeto conceitual (concepção do produto)	
Projeto detalhado (protótipo)	
Preparação da produção (lote piloto)	
Lançamento do Produto (produto lançado)	

- Há algum momento ou fase do DP em que seja necessário maior envolvimento da Qualidade (seja reunião, participação de um membro da Qualidade na equipe, troca de e-mails, etc.) com DP? Quais momentos e por quê?
- Existem momentos em que ocorre o contrário da questão anterior? Qual a análise crítica para isso? (Por exemplo, às vezes a atividade a ser realizada em um dado momento pode ser uma atividade mais simples na qual a responsabilidade é do departamento de Qualidade. Entretanto, um membro qualquer da equipe que realiza essa atividade com intuito de reduzir o tempo)
- Como você classifica o nível de integração entre DP e Qualidade? (Qualidade e DP estão interagindo, colaborando e trabalhando para alcançar resultados mutuamente aceitáveis a maior parte do tempo, parte do tempo ou em nenhum momento)
- As pessoas reconhecem o quanto uma área depende uma da outra para concluir suas atividades?
- Os gerentes reconhecem a importância da disposição voluntária das pessoas em trabalhar de forma integrada?
- As áreas possuem objetivos comum ou não conflitantes entre elas?
- Os objetivos das áreas são alinhados aos objetivos da organização como um todo?

*- Interação/comunicação*

- Quais são as principais práticas de comunicação entre DP e Qualidade? (Reuniões, comissões/equipes, telefonemas, procedimentos padrões, relatórios)
- Há a utilização de alguma outra prática de comunicação entre DP e Qualidade?
- A gerência facilita a comunicação entre os membros?
- As pessoas têm disposição para compartilhar informações?
- São realizadas reuniões periódicas entre as equipes de cada área e com a presença de pessoas das duas áreas, com poder de decisão?
- As pessoas que trabalham nessas equipes têm acesso à comunicação informal frequente independente da exigência de comunicação formal?

- *Mecanismos de integração interfuncional*

- Quais mecanismos de integração entre DP e Qualidade a empresa adota? Como ocorre?  
Quais as vantagens e desvantagens da utilização desse mecanismo?

Perspectiva	Mecanismo de Integração	Exemplos
<b>Processo</b>	Gestão formal do processo de integração (metodologias para DP)	Stage-Gates
		APQP
		QFD
		FMEA, DoE (Design of Experiment)
<b>Organizacional</b>	Co-localização e proximidade física	(Departamentos próximos)
	Movimentação de pessoal	(Pessoas próximas)
	Estrutura organizacional	(Funcional, peso-leve, peso-pesado, autônomas)
<b>Recursos</b>	Sistemas sociais informais	(Encontros informais)
	Incentivos e recompensas	(Oportunidades de remuneração e de carreira iguais)
	Tecnologias (ferramentas)	CAD
		TI (e-mail, processamento de texto e software de planilhas, arquivos compartilhados e unidades, Skype, chat interno, Banco de dados compartilhado, E-mail/formulários específicos/SAP/ Apresentações em Power Point, videoconferência)

- Algum outro mecanismo é utilizado para auxiliar a integração entre DP e Qualidade?

- *Problemas e perspectivas*

- Relacionados à integração interfuncional entre DP e Qualidade

- Quais as dificuldades encontradas pela empresa para integrar DP e Qualidade?
- As causas dos problemas de integração entre DP e Qualidade são conhecidas? Quais são?
- Que medidas a empresa tem adotado para a resolução desses problemas?
- Poderia haver maior integração entre DP e Qualidade? Quais aspectos justificam a necessidade de maior integração?
- Na sua opinião, como melhorar a integração entre DP e Qualidade?

- Relacionados à qualidade do produto

- Como são tratados eventuais problemas de qualidade que surgem em um novo produto? (Em relação ao desempenho do produto no mercado ou na fabricação)
- O que é feito para evitar esses problemas de qualidade do produto?
- Do total de problemas relatados na empresa em novos produtos, qual a participação (estimada) de problemas relacionados à qualidade?

### 3 – Integração entre DP e Qualidade

#### Uso do FMEA

- Quais foram as razões para começar a usar o FMEA? (Porque os concorrentes também utilizam FMEA; faz parte da Gestão da Qualidade da empresa; porque proporciona melhorias; evita erros; ou não há outra ferramenta apropriada, etc.)

#### *- Aspectos gerais*

- De maneira geral, como é a aplicação do FMEA na empresa, isto é:
  - É aplicado em projetos de produto (designs) novos?
  - É integrado ao planejamento de testes (verificação e validação)?
- A aplicação do DFMEA é contínua no processo de desenvolvimento de produto e não é considerada como sendo um evento único (é atualizado sempre que o produto é modificado, um novo modo de falha é identificado, ou uma nova ação de melhoria é implementada)?
  - DFMEAs anteriores de produtos semelhantes são usados como ponto de partida para novos DFMEAs?
  - Falhas ocorridas em campo e definidas em testes são incorporadas nas análises de DFMEA?
  - A terminologia usada para descrever um item do formulário DFMEA (modos de falha, efeitos de falha, causas de falha, etc.) é padronizada?
  - A aplicação do DFMEA acontece no momento certo? (As alterações no produto podem ser facilmente implementadas e não comprometem o orçamento do projeto (project), isto é, existe tempo para reagir e garantir o sucesso do projeto)
  - Está claro como o DFMEA deve ser aplicado (política clara, regras/critérios de decisão, o que cada pessoa tem que fazer, etc.)?
  - O processo é bem definido e documentado, com sub-passos claros, saídas dos sub-passos, formulários/templates padrão, etc?

#### *- Aspectos gerenciais (Gestão da aplicação do DFMEA)*

- Quais departamentos participam da aplicação do DFMEA?
- As pessoas certas são envolvidas (mix de habilidades cross-funcional, conhecimento sobre a aplicação, etc.) e possuem autoridade sancionada pela gerência?

- As pessoas participantes têm conhecimento suficiente sobre a aplicação deste processo?
- As responsabilidades de cada um no processo são evidentes?
- O líder da equipe/gerência é bem preparado para conduzir/facilitar as sessões de análise de falhas potenciais?

*- Aspectos técnicos*

- Tempo despendido na execução do processo:
  - É suficiente; a execução do processo é muito lenta; ou não existe tempo suficiente para se analisar com a profundidade necessária cada uma das falhas potenciais?
  - É dado a cada membro da equipe tempo suficiente para eles colocarem seus pontos de vista?
- Nível de análise das falhas:
  - É adequado e todas alternativas são esgotadas?
  - Documentos e informações de entrada têm qualidade suficiente (completo, acurado, etc) e são usados de maneira efetiva no processo?
- O processo para uso do DFMEA é monitorado e controlado (dimensões de desempenho, tais como, qualidade, completude, eficiência, etc., são medidas e gerenciadas)?
- A equipe segue o processo de aplicação do DFMEA prescrito pela empresa?
- Há o uso de algum software? Se sim, qual seu nome?
  - Quais as vantagens da utilização do software? (por exemplo, garante a integração dos membros da equipe facilitando análises; garante a padronização da terminologia utilizada para nomear funções, modos de falha, efeitos de falha, causas de falha, controles, etc; otimiza tempo do time; facilita gerenciamento, visualização e análises de dados; facilita encontrar e reusar informações/dados existentes; facilita confecção de relatórios)

*- Aspectos relacionados aos resultados da aplicação do FMEA*

- Há redução da taxa e dos custos de falhas?
- Há redução de reclamações de clientes e recalls?
- A qualidade interna é melhorada, ou seja, defeitos, refugos, retrabalhos, etc. são reduzidos?

- A aplicação do DFMEA ajuda a reduzir o ciclo de desenvolvimento?
- A aplicação do DFMEA ajuda a reduzir o número de protótipos?
- As discussões são profundas e todos os membros do time contribuem ativamente?
- Cite o que está faltando ou qual é a deficiência da aplicação do DFMEA?