

em: 31 de Setembro de 2015.

MÉXICO. Secretaria de Comunicações e Transportes. **Autoridade Mexicana de Aviação Civil: Regula la SCT el uso de Aeronaves No Tripuladas (Drones)**. Cidade do México, 2015. Disponível em: <http://www.sct.gob.mx/despliega-noticias/article/regula-la-sct-el-uso-de-aeronaves-no-tripuladas-drones/>. Acesso em: 13 Julho 2015.

MUNARETTO, Luiz Alberto Cocentino. **Vant e Drones: a Aeronautica ao Alcance de Todos..** São José dos Campos: Edição independente, 2015.

PALHARES, Guilherme L. **Transporte aéreo e turismo: gerando desenvolvimento socioeconômico..** São Paulo: Aleph, 2001;

PEGORARO, Antoninho João. **Estudo do Potencial de um Veículo Aéreo não Tripulado/Quadrotor, como Plataforma na Obtenção de Dados Cadastrais**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/107440>. Acesso em 23 de Setembro de 2015.

REINO UNIDO. CIVIL AVIATION AUTHORITY. **Unmanned Aircraft and Aircraft Systems**. Londres, 2015. Disponível em: <http://www.caa.co.uk/default.aspx?CATID=1995>. Acesso em: 13 de Julho 2015.

RODRIGUES, Elder Soares. **ASPECTOS REGULATÓRIOS DA OPERAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO**. Programa de Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.riodetransportes.org.br/wp-content/uploads/>

artigo33.pdf. Acesso em: 30 de Setembro de 2015.

URUGUAI. **Dirección Nacional De Aviación Civil E Infraestructura Aeronáutica – DINACIA**. Diario Oficial N° 29.039 de 4 de Setiembre de 2014 (ordenamiento básico DRONES, UAV, etc). Disponível em: <http://www.dinacia.gub.uy/ciudadania/diario-oficial-impo/publicaciones-realizadas/item/844-diario-oficial-n-29-039-de-4-de-setiembre-de-2014-ordenamiento-basico-drones-uav-etc.html>. Acesso em: 08 Out. 2015.

VENEZUELA. INSTITUTO NACIONAL DE AERONÁUTICA CIVIL VENEZUELA, **Regulación Aeronáutica Venezolana 281 (RAV 281) Reglamento Del Aire. Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana da Venezuela**. Caracas, 2013. Disponível em http://www.inac.gob.ve/art/template3/a606dRAV_281_GOE_6099_23MAY13.pdf. Acesso em: 23 Set . 2015.

LIMITAÇÕES DA FERRAMENTA FMEA: ESTUDO DE SUAS APLICAÇÕES EM UMA EMPRESA DO SEGMENTO AUTOMOTIVO

SILVA, Gisele Aparecida Martins da. – Universidade de Araraquara -(UNIARA); HERMOSILLA, José Luís Garcia. – Coordenador do Programa de Pos-Graduação em Engenharia de Produção (UNIARA). SILVA, Ethel Cristina Chiari da. – Docente Programa de Pos-Graduação em Engenharia de Produção (UNIARA).

Recebido em: 13/10/2017
Aprovação final em: 20/11/2017

RESUMO

A partir de 2005, a especificação técnica ISO/TS 16949, que é uma especificação técnica cujo objetivo é o desenvolvimento de um sistema de gestão da qualidade, passou a exigir da indústria automotiva, o uso da metodologia FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha) em todas as atividades de desenvolvimento de produtos e processos. Apesar das vantagens que a metodologia proporciona na busca e solução de problemas, alguns estudos têm apontado problemas em sua sistemática de cálculo do risco, assim como dificuldades em sua aplicação, podendo afetar o processo de tomada de decisão da equipe de trabalho, e a eficiência de suas ações para a organização, no que se refere a gestão da qualidade. Com o propósito de ampliar os conhecimentos a respeito da utilização desta metodologia, este trabalho teve como objetivo, identificar as deficiências e dificuldades da utilização da ferramenta FMEA no segmento de produção de peças automotivas. A pesquisa qualitativa e de natureza descritiva, tomou como base o acompanhamento de dez eventos que envolveram o uso do FMEA em uma empresa do segmento automotivo, assim como o depoimento de cinco profissionais da área técnica, que foram os gestores responsáveis pela condução destes processos. Como resultados, observa-se que a aplicação do FMEA apresenta subjetividade por parte da equipe na priorização dos riscos utilizando o valor de NPR (Número de Prioridade de Risco), e que muitas vezes a equipe multifuncional utiliza a ferramenta somente por exigências da especificação técnica e não como uma atividade que agrega valor à empresa.

PALAVRAS-CHAVE: FMEA; ISO/TS 16949; Segmento automotivo; Priorização; NPR.

LIMITATIONS OF THE FMEA TOOL: STUDY OF ITS APPLICATIONS IN AN AUTOMOTIVE SEGMENT COMPANY

ABSTRACT

The technical specification ISO/TS 16949, which is a technical specification whose objective is the development of a quality management system, has required from 2005 the use of FMEA methodology (analysis of failure mode and Effects) in all product development activities and processes in the automotive industry. Despite the fact of advantages that the methodology provides in searching and solving of problems, some studies have pointed problems in its risk calculation system, as well as difficulties in its application, that could affect the decision-making process of the teamwork, and the efficiency of its actions, in terms of quality management for the organization. The objective of this study is to identify the shortcomings and difficulties on using the FMEA tool in the production of automotive parts, with the purpose of increasing knowledge about the use of this methodology. The qualitative and descriptive research took as a basis the monitoring of ten events that involved the application of FMEA tool, as well as the testimony of five technical professionals, who were the managers responsible by conducting these processes in a company that belongs to the automotive segment. It was observed subjectivity in part of the teamwork when it is prioritizing risks using the value of NPR (risk priority Number) of the FMEA tool, and that many times the cross-functional team uses the FMEA tool only for requirements of the technical specification instead of an activity that adds value to the company.

KEYWORDS: FMEA; ISO/TS 16949; Automotive segment; Prioritization; NPR.

INTRODUÇÃO

Com a instalação de várias empresas do segmento automotivo no Brasil, e a preocupação em se manter e aumentar as vendas tanto no mercado interno quanto no externo neste segmento, as montadoras tem passado a exigir de seus fornecedores de autopeças níveis mais elevados de qualidade (AGUIAR; SALOMON, 2007).

Dentre as exigências impostas à cadeia automotiva destaca-se a especificação técnica ISO/TS 16949 que engloba os requisitos da norma ISO 9001, criada pela Indústria Automotiva global, com intuito de homogeneizar o vocabulário no quesito qualidade, produtividade, diminuição de desperdícios e padronização dos produtos, segundo Arnosti et al. (2013).

Um dos requisitos que a ISO/TS 16949 determina ao setor automotivo, é a utilização da ferramenta FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha) em todos seus desenvolvimentos de produtos e processos.

O FMEA é uma metodologia analítica utilizada para prever as falhas que possam vir a ocorrer ao longo de todo o processo de desenvolvimento de produtos e processos, e seu uso conduz as empresas a um diferencial de qualidade, resultando no aumento de satisfação dos clientes e na elevação da competitividade, além do estímulo gerado para as demais áreas produtivas da organização (HELLMAN; ANDERY, 1995; STAMATIS, 1997; IQA, 2008; CHIN et al., 2009; MARTINS; ANDRADE JÚNIOR, 2011).

Brantes et al. (2011) afirmam que são muitos os benefícios do FMEA, desde que sua aplicação seja feita por pessoas que realmente conhecem o processo de fabricação e seguem os procedimentos estabelecidos na literatura técnica, no entanto, Aguiar e Salomon (2006) afirmam que são inúmeras as dificuldades e os erros cometidos pelas equipes das empresas quando da utilização do FMEA, destacando o fato de que muitas organizações a utilizam somente por exigências da especificação

técnica ISO/TS 16949 e não como uma ferramenta que pode ajudar a diminuir refugos, desperdícios e custos.

Sellappan e Palanikumar (2013) complementam afirmando que o método tradicional do FMEA apresenta deficiências em relação à priorização dos modos de falhas através da utilização do NPR (Número de Prioridade de Risco). Segundo os autores, o cálculo do NPR envolve aspectos de muita subjetividade por parte da equipe para a determinação da métrica dos três índices de risco que compõem o risco (NPR): Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D).

Um possível desdobramento desta incorreta priorização dos modos de falhas é o desperdício de recursos e de tempo ou, em alguns casos até a possibilidade de algum evento de alto risco não ser percebido conforme relatam Chin et al. (2009). Os mesmos autores afirmam que a utilização da ferramenta FMEA para avaliação de risco têm sido amplamente criticada, principalmente por conta de sua fórmula matemática de cálculo, a qual determina a multiplicação dos índices (Severidade, Ocorrência e Detecção) para a geração do NPR, sem justificativa apropriada.

Além dos questionamentos que envolvem a fórmula matemática de cálculo para determinação do NPR, Chin et al. (2009), afirmam que a forma como são atribuídas as pontuações aos três índices de risco, também é questionável, pois as regras para atribuição das pontuações aos três fatores de risco seguem padrões distintos, como por exemplo, uma regra linear para atribuição do índice de ocorrência (O), e uma não-linear para o índice de detecção (D).

Outro aspecto importante desta subjetividade que envolve a determinação do NPR é o fato de poder haver diferentes conjuntos de classificações dos índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D), os quais podem produzir o mesmo valor de NPR, mas suas implicações de risco podem ser totalmente diferentes. (WANG et al., 2009).

Chin et al. (2009) também ressalta a subjetividade do processo, considerando que pequenas variações na atribuição das pontuações dos índices de

severidade, ocorrência e detecção, podem levar a valores de NPR com efeitos completamente diferentes. Os mesmos autores exemplificam afirmando que no caso de se ter 2 indicadores com valores máximos (10), como por exemplo ocorrência e detecção, a diferença de apenas 1 ponto na atribuição de pontuação para o terceiro indicador (severidade), resultaria em uma diferença de 100 pontos no valor do NPR.

O uso do NPR também é apontado como uma das dificuldades presentes no uso da ferramenta, segundo Dalosto (2015), quando afirma que a maior parte das equipes utilizam o valor do número de prioridade de risco (NPR) para avaliar o risco do objeto em estudo e não analisam os diferentes pesos que a severidade, ocorrência e detecção possam de fato ter.

Apesar das limitações, o uso do FMEA tem proporcionado a diminuição de custos com retrabalhos, refugos, desperdícios, através da prevenção de falhas nos processos, evitando que produtos cheguem ao cliente fora do especificado, contribuindo assim para a redução de reclamações (PUENTE et al., 2002; MESQUITA, 2014).

Este contexto suscita a seguinte questão: as dificuldades encontradas na literatura, se repetem no segmento de produção de peças automotivas em empresas de médio porte? Como a ferramenta FMEA pode contribuir para diminuir refugos e retrabalhos, na atividade de conformação de peças metálicas neste segmento?

Com intuito de investigar a aplicação do FMEA em uma empresa do segmento automotivo, foi realizado um estudo de caso da aplicação da ferramenta FMEA na atividade de conformação de peças metálicas. Trata-se de um trabalho exploratório e a coleta de dados foi realizada através de levantamentos documentais e entrevistas com pessoas responsáveis pela implantação na empresa estudada.

Este trabalho está estruturado em 5 seções: a introdução que apresenta a problemática, justificativa e objetivos da pesquisa; a revisão teórica a respeito da temática qualidade, em especial

a metodologia FMEA, e a especificação técnica ISO/TS 16949 no setor automotivo; a metodologia que apresenta a classificação da pesquisa e as técnicas utilizadas na investigação; os resultados que apresentam o estudo de caso com a aplicação da ferramenta FMEA assim como o descrito do ambiente fabril no qual se desenvolveu a pesquisa, e as conclusões, que trazem considerações finais do trabalho de investigação.

REVISÃO TEÓRICA

Sistema de gestão da qualidade

Com a evolução do conceito da qualidade e a globalização de mercados, qualquer organização que desejar ser competitiva e diferenciada de seus concorrentes, tem de recorrer à novas formas de gestão. Em função destas demandas, foi criado o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), que visa a eficácia e melhoria contínua dos processos e produtos, buscando o atendimento aos objetivos e metas da qualidade e satisfação dos clientes (SILVA, 2009).

Silva (2009, p.24) afirma que “o desenvolvimento e implementação de um SGQ envolvem a elaboração de documentos relevantes para a vida de uma organização, que definem a política, as responsabilidades e autoridades e os processos e procedimentos da mesma”, e além disto, é necessário ter referenciais normativos internacionais, como por exemplo, a norma ISO 9001.

Segundo Arnosti et al. (2013), o referencial normativo específico da indústria automotiva é a ISO/TS 16949 que engloba a norma ISO 9001, cuja finalidade é definir os requisitos necessários para o desenvolvimento de um sistema de gestão da qualidade comum para o segmento automotivo, enfatizando a melhoria contínua.

Especificação técnica iso/ts 16949

Como forma de assegurar a qualidade dos produtos recebidos, durante alguns anos, as montadoras automotivas exigiram que seus fornecedores fossem certificados pelos requisitos da norma ISO 9000, certificação esta que não

se mostrou suficiente para o atendimento das necessidades do segmento. Em função desta limitação, as montadoras passaram a desenvolver individualmente normas específicas e próprias para o segmento, exigindo de seus fornecedores o respeito a elas (FERREIRA, 2005).

A variedade de normas que passou a coexistir no setor automotivo, elevou o grau de complexidade dos sistemas de gestão da qualidade dos fornecedores, principalmente daqueles que atendiam diferentes montadoras, aumentando as dificuldades de aplicação das normas e de gerenciamento das auditorias, com consequente aumento de custos (ARNOSTI et al., 2013).

Foi com intuito de transformar essa grande variedade de requisitos normativos do setor automotivo em um único requisito para seus fornecedores, ou seja, transformar em um único sistema de qualidade, que um grupo específico de montadoras automotivas denominada International Task Force (IATF) juntamente com o TC 176 (Comitê Técnico da ISO), publicaram no ano de 1999 a especificação técnica ISO/TS 16949 que é baseado nos requisitos da ISO 9001 e nos requisitos específicos do setor automotivo (SILVA, 2013).

De acordo com o Manual de Referência (ABNT ISO/TS 16949:2010, p.x), “o objetivo desta Especificação Técnica é o desenvolvimento de um sistema de gestão da qualidade que proporcione a melhoria contínua, enfatizando a prevenção do defeito e a redução da variação e desperdício na cadeia de fornecimento”.

De acordo com Kartha (2004), a especificação técnica ISO/TS 16949 ajuda na melhoria contínua da qualidade dos produtos, pois com a padronização de um sistema de gestão da qualidade, as empresas deixarão de perder tempo com manutenção de sistemas diferentes e se dedicarão à prevenção de defeitos. O autor menciona ainda que prevenção de defeitos é o destaque da especificação técnica ISO/TS 16949 aliado ao objetivo essencial que é o desenvolvimento de um sistema de gestão da qualidade global.

Como forma de auxiliar nos processos de gestão

da qualidade, a especificação técnica ISO/TS 16949 determina ao setor automotivo a utilização de ferramentas específicas da qualidade, dentre as quais se destaca o FMEA, instrumento este de caráter preventivo, que se baseia na análise sistemática do processo de desenvolvimento de produtos e processos, utilizando conhecimentos de engenharia para a prevenção de falhas tanto do projeto do produto quanto do processo de fabricação (AGUIAR; SALOMON, 2007).

Análise de modo e efeitos de falha de processo (PFMEA)

A ferramenta de Análise de Modo e Efeitos de Falha – FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) foi desenvolvida pelas forças armadas americanas em 1949, com o objetivo de verificar o modo como ocorrem as falhas e seus efeitos sobre os sistemas e equipamentos, e foi usada de forma pioneira na década de 60, pela agência aeroespacial americana NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) no Projeto Apollo, porém, foram as montadoras Daimler Chrysler, Ford e General Motors que desenvolveram de forma conjunta um padrão internacional para a aplicação do FMEA através da norma SAE J1739 (AGUIAR; MELLO, 2008; SELAPAN; PALANIKUMAR, 2013).

Segundo Pinho et al. (2008), foi a partir do ano de 1988 que a ferramenta FMEA passou a ser utilizada pelas empresas automobilísticas Chrysler, Ford e General Motors passando a fazer parte dos denominados programas avançados de planejamento da qualidade em projetos e processos.

Para Sellappan e Palanikumar (2013) o FMEA têm sido utilizado como um método poderoso para a segurança do sistema e para a confiabilidade de produtos e processos, aspecto este que segundo Sant’Anna e Pinto (2010) têm se tornado extremamente importante para o mercado consumidor, pois a falha de um produto, mesmo que seja reparada pelo fornecedor, implica em no mínimo insatisfação do cliente.

O FMEA é um ferramental sistemático e padronizado que deve ser implementado por equipe

multidisciplinar com o propósito de identificar nos produtos ou processos, os tipos possíveis de falhas, seus efeitos e causas prováveis, além de estimar os índices de gravidade, frequência e capacidade de detecção destas falhas, para o cálculo do seu risco (produto dos índices); este risco é usado para a priorização das ações que buscam minimizá-lo. (CHIN et al., 2009; SANT’ANNA; PINTO, 2010; DALOSTO, 2015).

Sant’Anna e Pinto (2010), afirmam que o FMEA é um documento vivo e tem que ser revisado sempre que ocorrerem alterações no produto/processo ou surgirem novas falhas no processo que não foram previstas inicialmente.

“A aplicação do FMEA no processo é registrada em um formulário padrão que é uma espécie de roteiro que reúne os possíveis modos potenciais de falha associados com as causas, efeitos, ações corretivas, entre outros” (AGUIAR; SALOMON,

2006, p. 2). A figura 1 apresenta o formulário do PFMEA.

O formulário do FMEA apresenta um cabeçalho com informações que deveriam ser preenchidas como número do FMEA, código do item, responsável pelo processo, anos(s) modelos(s)/ programa(s), data-chave, data do FMEA (original), equipe envolvida, nome e informações de contato (IQA, 2008).

Abaixo do cabeçalho, encontram-se as colunas onde para cada operação do processo devem ser efetuadas o seu preenchimento com a análise de falhas potenciais e suas consequências (IQA, 2008).

De acordo com o Manual de Referência do FMEA (IQA, 2008), o PFMEA deveria ter início a partir de um fluxograma geral do processo informando todas as operações necessárias para a fabricação do produto, desde o recebimento de matéria prima até sua expedição. Segundo Aguiar e

Figura 1 – Formulário de PFMEA.

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA DE PROCESSO)												Número FMEA _____					
Item _____		Responsabilidade pelo Processo _____		Página _____ de _____		Elaborado por _____		Data FMEA (Original) _____									
Ano(s) Modelo(s)/Programa(s) _____		Data chave _____															
Equipe Central _____																	
Etapa do Processo / Função	Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potenciais de Falhas	Severidade Classificação	Causa(s) Potenciais de Falhas	Controles de Processo Atuais (Prevenção)	Ocorrência de Processo Atuais (Detecção)	Detecção NPR	Ação Recomendada	Responsabilidade e Data de Conclusão Pretendida	Resultados de Ações						
											Ações Adotadas e Data Efetiva	Severidade	Ocorrência	Detecção NPR			

Fonte: IQA (2008).

Mello (2008), é necessário identificar a sequência, os equipamentos e as funções de cada operação para ter uma estimativa das causas e efeitos caso não haja o cumprimento de tais funções.

Depois de listadas todas as operações de fabricação através de um fluxograma de processo, na coluna “Etapa do Processo/ Função” (vide figura 1), é identificado o número da “Etapa do Processo” que corresponde ao número da operação que está sendo analisada, que deverá ser consistente com a mesma utilizada no sequenciamento do fluxograma de processo. A “Função” corresponde à função da operação que está sendo analisada. A mesma representa o objetivo da operação em análise (IQA, 2008).

Na coluna “Requisitos” (vide figura 1) deve-se apresentar os requisitos para cada função do processo da operação que está sendo analisada. “Requisitos são as entradas para o processo especificado para atender ao objetivo do projeto e a outros requisitos do cliente” (IQA, 2008, p. 79).

Para cada operação são identificadas as possíveis falhas (coluna “Modo de Falha Potencial”, na figura 1). Modo de falha potencial é a maneira pela qual o processo poderia potencialmente deixar de atender os seus requisitos ou objetivos do processo (IQA, 2008).

Mesquita (2014, p. 25) define modo de falha como sendo:

a forma do defeito, maneira na qual o defeito se apresenta, maneira com que o item falha ou deixa de apresentar o resultado desejado ou esperado, é um estado anormal de trabalho, a maneira que o componente em estudo deixa de executar a sua função ou desobedece às especificações.

Após ter identificado os modos de falha, é necessário determinar os efeitos que cada falha poderá causar sobre a função da operação na ótica do cliente, seja ele usuário final ou a operação subsequente. Na coluna “Efeito(s) Potencial(ais) de Falha” (vide figura 1) são anotadas esses efeitos (IQA, 2008). Wang et al. (2009) explicam que um efeito de falha é definido como a consequência de um modo de falha na função do produto/processo

que os clientes poderão experimentar.

Em seguida na coluna “Severidade” (vide figura 1) cada modo de falha é classificado quanto à gravidade dos seus efeitos (IQA, 2008). Dalosto (2015) explica que a severidade é o nível de gravidade do efeito da falha para o cliente, caso ela venha ser produzida. A classificação da severidade é realizada através de uma pontuação que varia de 1 à 10, sendo nota 1 para o menos grave e nota 10 para o mais grave (IQA, 2008). De acordo com Aguiar e Mello (2008), o índice de severidade se aplica somente para os efeitos. O Manual de Referência do FMEA apresenta uma tabela como sugestão para avaliar a pontuação da severidade do PFMEA (IQA, 2008).

Já a coluna “Classificação” (vide figura 1), é utilizada para destacar os modos de falha altamente prioritários e classificar as características especiais de produto ou de processo por meio de um símbolo específico (IQA, 2008).

A coluna de “Causa(s) Potencial(ais) de Falha” (vide figura 1) define a razão pela qual um modo de falha ocorre, e é descrita em termos de algo que possa ser corrigido ou controlado (IQA, 2008). Wang et al. (2009) define causa potencial de falha como sendo uma fraqueza de projeto ou processo que pode resultar numa falha. Segundo Aguiar e Mello (2008) para determinar as causas reais e potenciais são usadas ferramentas como brainstorming, diagrama de causa e efeito e gráfico de Pareto para esquivar-se que eventuais causas sejam esquecidas.

A frequência com que as causas ocorrem, que é apresentada na coluna “Ocorrência” (vide figura 1), é estimada tomando como referência uma escala de 1 a 10, sendo 1 a menor ocorrência e 10 a maior. A referência da pontuação pode ser obtida na tabela do manual do FMEA baseando-se em dados estatísticos disponíveis de um processo similar e histórico de ocorrências (IQA, 2008).

Os Controles Atuais de Processo (vide figura 1) descrevem os controles que podem prevenir a ocorrência da causa de falha, ou detectar o modo de falha ou causa de falha. Os “Controles de Prevenção” atuam prevenindo a ocorrência da

causa da falha ou do modo de falha. Já os “Controle de Detecção” relacionam-se com a atividade de detecção da causa da falha ou o modo de falha. A abordagem preferencial é usar primeiro os controles de prevenção, que de acordo com o formulário do PFMEA (vide figura 1) estão dispostos em colunas específicas como forma de distinção dos Controles de Detecção (IQA, 2008).

A coluna “Detecção” (vide figura 1) é a capacidade de os controles existentes identificarem uma deficiência em potencial do processo, antes que o produto seja liberado. Sua estimativa é feita com base em uma escala que varia de 1 a 10, sendo 1 para uma detecção quase certa e 10 para uma detecção quase impossível. O manual de referência do FMEA recomenda uma tabela como sugestão para avaliar a pontuação da detecção (IQA, 2008).

O risco de cada modo de falha se baseia no Número de Prioridade de Risco (NPR) que tem uma coluna específica no formulário (vide figura 1), cujo valor é o produto dos índices de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D); quanto maior o valor de NPR de uma falha, maior deve ser a atenção dispensada a ela e mais prioritária ela se torna para ser atacada (IQA, 2008; CHIN et al., 2009).

As ações a serem tomadas serão colocadas na coluna “Ação Recomendada” (vide figura 1). Cada ação recomendada deve ter um responsável por executá-la com um prazo estipulado que deve ser registrado na coluna “Responsabilidade e Data de Conclusão Pretendida” (vide figura 1). Após a tomada da ação, uma breve descrição da ação executada e a data de conclusão deverão ser registradas na coluna “Ações Implementadas/ Data de Conclusão” (vide figura 1). Depois da ação preventiva/ corretiva ter sido concluída, são registradas as novas pontuações de “Severidade”, “Ocorrência” e “Detecção” nas suas respectivas colunas (vide figura 1). Na sequência um novo NPR é calculado e registrado na coluna “NPR” (vide figura 1). Para reduzir a pontuação da severidade em FMEA de processo, somente é possível com uma alteração de projeto ou processo (IQA, 2008).

METODOLOGIA

A pesquisa de natureza qualitativa, tomou como base o estudo de múltiplos casos de aplicação da ferramenta FMEA no segmento automotivo, através do acompanhamento de dez eventos envolvendo a aplicação da metodologia e da percepção dos seus respectivos gestores responsáveis pela condução dos processos de aplicação deste ferramental na empresa, o que consistiu em um total de 5 profissionais.

O trabalho buscou avaliar a aplicação da ferramenta FMEA, em especial suas limitações e dificuldades de aplicação, caracterizando o propósito descritivo da investigação, com o intuito de contribuir para o esclarecimento destes aspectos, ainda com pouca profundidade do ponto de vista bibliográfico. Apesar do limitado número de trabalhos científicos sobre o tema em questão, foi possível encontrar relatos bibliográficos comprovando a existência dos problemas que a ferramenta apresenta em sua aplicação, aspectos estes que foram confrontados com os achados nas entrevistas com os gestores da empresa.

Como procedimento técnico para a coleta dos dados foi utilizada a entrevista semiestruturada com gestores da empresa (responsáveis diretos pela aplicação da ferramenta), realizada através de um formulário. A coleta teve como propósito levantar informações que possibilitassem a descrição pormenorizada do uso da ferramenta, assim como informações a respeito das dificuldades de sua aplicação, seus pontos fracos e seus benefícios para com a empresa.

Estudo de caso

A pesquisa foi realizada em uma empresa do segmento automotivo pertencente ao grupo Tier 1 da cadeia automotiva que atua na fabricação de componentes metálicos estampados e conjuntos soldados com tratamento superficial de zincagem, pintura eletrostática a pó e pintura eletroforética (KTL) para indústria automotiva. O Sistema de Gestão da Qualidade da empresa possui certificação ISO/TS 16949 e têm como rotina aplicar a ferramenta FMEA em todos os seus desenvolvimentos de processo, bem como quando

houver alguma alteração no processo ou surgirem falhas que não haviam sido previstas inicialmente.

O levantamento das informações referentes a aplicação do FMEA (dificuldades, limitações e benefícios) foi realizado através da entrevista com 5 gestores da empresa, todos com mais de 5 anos na empresa e igual período de experiência no uso do ferramental. Todos os gestores possuem formação na área tecnológica ou administrativa (3 engenheiros de produção, 1 administrador com pós-graduação em engenharia da qualidade e 1 gestão empresarial).

Todos os profissionais envolvidos na pesquisa, tiveram contato com a ferramenta FMEA inicialmente em seus respectivos cursos de graduação, no entanto aperfeiçoaram seus conhecimentos na empresa e em cursos independentes, uma vez que esta é uma ferramenta de uso obrigatório da organização.

Com relação as razões para utilização da ferramenta FMEA pela empresa, os gestores relataram que além de ser uma exigência do cliente, sua aplicação age na prevenção de riscos e falhas nos processos, evitando possíveis problemas na etapa de fabricação e reclamações de clientes. Uma razão para a aplicação da ferramenta que merece destaque e que foi enfatizada pelos gestores, foi a promoção da melhoria contínua nos processos fabris e a aproximação das áreas fabril e de engenharia de processos.

Os gestores também afirmaram que a falta de integração da equipe multifuncional, responsável pela aplicação do FMEA, é uma dificuldade recorrente, fruto em grande parte da cultura organizacional da empresa, que não privilegia a interação e a sinergia entre os membros de suas equipes de trabalho. Esta característica organizacional também se reflete na pouca importância dispensada à ferramenta, que segundo os gestores, muitas vezes é vista pela equipe e pelas áreas fabril como “um trabalho a mais” que deve ser feito, e não como algo que agrega valor ao processo, aspecto este que também foi identificado por Aguiar e Salomon (2006), que mencionam que muitas equipes utilizam o FMEA somente por exigências da norma e não como uma ferramenta

que pode ajudar a diminuir refugos, desperdícios e custos. De acordo com os gestores da empresa estudada, isso se deve ao fato da ferramenta ser um documento que demanda tempo para sua execução.

Dentre os erros cometidos pela equipe, na utilização da ferramenta FMEA, destaca-se a falta de retroalimentação do documento, pois segundo os gestores, na maioria das vezes as equipes utilizam a ferramenta FMEA somente no início do desenvolvimento de um processo, e se esquecem que a ferramenta é um documento vivo e que, quaisquer problemas, reclamações e melhorias devem ser tratadas com a ferramenta, comportamento este que contraria as orientações de Sant’Anna e Pinto (2010), que enfatizam que além do documento ser importante fonte de informações, ele deveria ser revisado sempre que ocorrerem alterações no produto/processo ou surgirem novas falhas no processo que não foram previstas inicialmente.

Outro aspecto apontado pelos gestores, que limita o potencial de ganho da ferramenta, é sua complexidade, pois apesar de ser um formulário similar a um roteiro, é considerada uma atividade complexa, que exige da equipe um conhecimento básico do procedimento metodológico e do processo de fabricação em questão, aspecto este que foi enfatizado por Brantes et al. (2011), que ressaltam que a ferramenta trará muitos benefícios à empresa se a aplicação da ferramenta FMEA for realizada por pessoas que conhecem o processo de fabricação e seguem os procedimentos estabelecidos na literatura técnica.

Além dos questionamentos que envolvem a complexidade da ferramenta, os gestores afirmaram, que o FMEA apresenta deficiências para estimativa dos três fatores de risco. As tabelas do manual do FMEA, que são usadas para atribuir as pontuações aos índices de severidade, ocorrência e detecção, foram consideradas muito subjetivas pelos profissionais, o que permite interpretações bifurcadas dificultando a precisão da avaliação. Esta constatação também foi feita por Sellappan e Palanikumar (2013), que declararam que o método tradicional do FMEA apresenta deficiências em

relação à priorização dos modos de falhas através da utilização do NPR (Número de Prioridade de Risco), pois seu cálculo envolve aspectos de muita subjetividade por parte da equipe, quando da determinação da métrica dos três índices de risco que compõem o risco (NPR): Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D).

Devido a essa subjetividade da ferramenta, diferentes combinações para os índices de severidade, ocorrência e detecção podem produzir um valor idêntico de NPR, indicando o mesmo nível de prioridade, porém, segundo os gestores, as consequências dos riscos podem ser completamente diferentes, aspecto este que também foi tratado por Wang et al. (2009), quando afirmaram que pelo fato da ferramenta ser subjetiva para estimativa de seus riscos relativos, pode haver diferentes conjuntos de classificações dos índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D), os quais podem produzir o mesmo valor de NPR, mas suas implicações de risco podem ser totalmente diferentes.

A priorização de um modo de falha utilizando o valor de NPR também têm sido uma dificuldade encontrada na utilização da ferramenta FMEA, que pode levar a equipe a tomar uma decisão incorreta, pois segundo os gestores, um maior NPR talvez não seja o que tem mais prioridade para uma tomada de ação; deve-se levar em consideração, a importância dos pesos dos índices severidade, ocorrência e detecção em termos de risco, como afirma Dalosto (2015), que a maior parte das equipes utilizam o valor do número de prioridade de risco (NPR) para avaliar o risco do objeto em estudo e não analisam os diferentes pesos que a severidade, ocorrência e detecção possam de fato ter. Os gestores ressaltaram ainda que o NPR pode servir como referência para a seleção de melhorias, mas não deve ser utilizado como mecanismo principal para priorização de ações.

Outro aspecto mencionado pelos gestores que têm provocado irregularidades na análise de priorização de NPR, é o fato de a equipe estabelecer um valor numérico limite de NPR para uma recomendação de ação, pois segundo os gestores,

essa prática pode fazer com que um efeito de falha extremamente grave, chegue às mãos do cliente, ou seja, quando houver um NPR que a equipe definiu que deverá tomar ação e houver altos índices de severidade com NPR baixo, não será tomada ação alguma. Os gestores enfatizaram que a priorização de NPR deveria ser feita com base em uma análise de severidade, ocorrência e detecção.

Os gestores também mencionaram que a falta de conhecimento do produto em análise por parte dos participantes do grupo FMEA, especificamente sobre as exigências dos clientes, têm comprometido o uso da ferramenta, aspecto este que segundo os gestores, seria equacionado com a participação mais direta do cliente nas reuniões de FMEA, ou que pelo menos estes pudessem fornecer mais informações sobre as demandas do mercado para o produto em análise.

Diante de todas essas dificuldades encontradas na aplicação da ferramenta FMEA e de sua própria deficiência, os gestores mencionaram que há muitos pontos que podem ser revisados e melhorados na ferramenta. Segundo os gestores, as tabelas de referência para atribuir as pontuações de severidade, ocorrência e detecção do manual do FMEA devem ser revisadas a fim de facilitar a interpretação e diminuir consideravelmente a subjetividade da ferramenta.

Uma nova metodologia para priorização de riscos dos modos de falha e para obtenção de melhoria contínua dos processos, deveria ser desenvolvida, pois segundo os gestores, a metodologia de priorização NPR não têm se mostrado eficaz e suficiente para classificar e priorizar os modos de falhas, da forma como está estruturado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo levantou informações sobre a aplicação da ferramenta FMEA com o objetivo de averiguar seus benefícios e verificar se suas deficiências e dificuldades de aplicação encontradas na literatura, se repetem no segmento de produção de peças automotivas.

Com base no acompanhamento dos eventos realizados na organização e na opinião de seus

gestores responsáveis, o trabalho mostrou semelhança com os resultados mostrados na literatura, identificando limitações e dificuldades em magnitudes bem aproximadas àquelas encontradas na literatura. Apesar das obras referenciadas terem tomado como base grandes empresas da cadeia automotiva, os resultados apontados nestes trabalhos se repetiram no segmento de produção de peças automotivas.

De acordo com o estudo realizado, nota-se que há uma grande dificuldade na utilização da ferramenta por parte da equipe multifuncional, pelo fato do processo exigir tempo, concentração, interação e entendimento quanto à forma com que deve ser preenchido o formulário, além da importância de aplicação dentro da organização. Por ser uma atividade complexa, muitas dúvidas são levantadas durante o processo, provocando equívocos nas tomadas de decisão em meio aos processos de análise.

Sobre as deficiências da ferramenta FMEA, foi possível notar que assim como identificado na literatura, a ferramenta apresenta grande subjetividade em sua aplicação e que enquanto houver essa subjetividade não será possível alcançar, de forma eficiente seu objetivo principal que é evitar os riscos.

Verificou-se que há uma grande necessidade de minimizar ou eliminar essa subjetividade das tabelas do manual do FMEA, para atribuição das pontuações para cada índice de prioridade e assim gerar um NPR mais consistente, pois no FMEA as pontuações são atribuídas com um grande nível de incerteza, resultando na imprecisão dos valores de NPR, e conseqüentemente na dificuldade de identificar os pontos prioritários do processo para uma recomendação de ação de melhoria.

REFERÊNCIAS

ABNT ISO/TS 16949:2010: **Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos particulares para aplicação da ABNT NBR ISO 9001:2008 para organizações de produção automotiva e peças de reposição pertinentes**. Rio de Janeiro, 2010.

45 p.

AGUIAR, D. C.; MELLO, C. H. P. FMEA de Processo: Uma Proposta de Aplicação Baseada nos Conceitos da ISO 9001:2000. 2008. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro, 2008.

AGUIAR, D. C.; SALOMON, V. A. P. Levantamento de erros na aplicação de FMEA de processo em empresas dos níveis mais inferiores da cadeia de fornecimento da indústria automotiva. 2006. **XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza, CE, 2006.

AGUIAR, D. C.; SALOMON, V. A. P. Avaliação da prevenção de falhas em processos utilizando métodos de tomada de decisão. **Revista Produção**, v. 17, n. 3, p. 502-519, set./dez. 2007.

ARNOSTI, J. C. M.; NEUMANN, R. A.; COUTO, M. N.; LUGOBONI, L. F. ISO/TS 16949 – Ganhos e Vantagens da Certificação na Indústria Automotiva. 2013. **XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, BA, 2013.

BRANTES, A. T.; BAPTISTA, A. M.; VIDAL, D. F.; FERNANDES, G. P.; FERREIRA, F. E. Aplicação do Método FMEA ao Processo de Fabricação de Caldeiras Flamotubulares: Proposta de Ações. 2011. **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Belo Horizonte, MG, 2011.

CHIN, K.-S.; WANG, Y.-M.; POON, G. K. K.; YANG, J.-B. Failure mode and effects analysis using a group-based evidential reasoning approach. **Computers & Operations Research** 36, p.1768-1779, 2009b.

DALOSTO, D. N. **Análise da Consistência do FMEA: Uma abordagem Quantitativa à uma Ferramenta Qualitativa**. Minas Gerais, 2015. 145 p. Dissertação ao Programa de Pós

Graduação do Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá - Itajubá, Minas Gerais, 2015.

FERREIRA, J.J.A. Modelos Normativos. In PALLADINI, E.P.; CARVALHO, M.M. (Coord.). **Gestão da Qualidade – Teorias e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2005. 355 p.

HELLMAN, H.; ANDERY, P. R. P. Análise de Falhas: Aplicação do Método FMEA e FTA. [S.I.]: **UFMG, Escola de Engenharia**, 1995.

IQA (INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA). **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)**. Manual de Referência. 4ª Edição. São Paulo, 2008.

KARTHA, C. P. A comparison of ISO 9000:2000 quality system standards, QS9000, ISO/TS 16949 and Baldrige criteria. **The TQM Magazine**, v.16, n. 5, p.331-340, 2004.

MARTINS, G. S.; ANDRADE JUNIOR, P. P. A Metodologia de Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): Estudo de Caso. 2011. **I Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, Ponta Grossa, PR, 2011.

MESQUITA, W. G. **Redução dos Custos da Má Qualidade Através da Metodologia FMEA: Um Estudo de Caso na Montadora Alfa**. Goiás: UFG, 2014. 59 p. Dissertação ao Programa de Pós Graduação do Mestrado Profissional em Gestão Organizacional da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Goiás, 2014.

PINHO, L. A.; GOMES, S. M. S.; PINHO, W. A.; AZEVEDO, T. C. FMEA: Análise do efeito e modo de falha em serviço: uma metodologia de prevenção e melhoria dos ensinos contábeis. **Revista da Associação Brasileira de Custos**, v. 3, n. 1, p.01-20, jan./ abr. 2008.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.;

FUENTE, D. A Decision Support System for Applying Failure Mode And Effects Analysis. **International Journal of Quality E Reliability Management**, MCB UP Ltd, v. 19, n. 2, p. 137-150, 2002.

SANT'ANNA, A. P.; PINTO, R. P. S. Composição probabilística no cálculo das prioridades na FMEA. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão** v. 5, n. 3, p. 179-191, set./dez. 2010.

SELLAPPAN, N.; PALANIKUMAR, K. Modified Prioritization Methodology for Risk Priority Number in Failure Mode and Effects Analysis. **International Journal of Applied Science and Technology** v. 3, n. 4, p. 27-36, 2013.

SILVA, E. C. **Proposição de um Método de Gestão da Satisfação dos Clientes baseado na Integração das Normas ISO 9001, ISO/TS 16949 e NBR 15100**. São Paulo: UFScar, 2013. 176 p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos – Regional São Carlos, São Paulo, 2013.

SILVA, M. A. G. **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade**. Aveiro, 2009. 81 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial – Aveiro, Portugal, 2009.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution**. ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, USA. Second Edition, 1997.

WANG, Y.-M.; CHIN, K.-S.; POON, G. K. K.; YANG, J.-B. Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. **Expert Systems with Applications** 36, p.1195-1207, 2009b.