

## **A metodologia de Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): estudo de caso**

Guilherme Schamne Martins (UTFPR) [gschamnel@hotmail.com](mailto:gschamnel@hotmail.com)  
Pedro Paulo de Andrade Junior (UTFPR) [pedropaulo@utfpr.edu.br](mailto:pedropaulo@utfpr.edu.br)

### **Resumo:**

O objetivo geral deste artigo é analisar os aspectos positivos e negativos da aplicação da FMEA em processos de fabricação. A metodologia utilizada foi o estudo de caso em uma indústria do ramo de autopeças. A FMEA é uma metodologia que vem sendo amplamente utilizada no processo produtivo das organizações, tanto em projetos, quanto em produtos, por apresentar imensas possibilidades na potencialização da qualidade e na prevenção de falhas no processo. Este artigo demonstrou, sem a pretensão de esgotar a abordagem sobre o tema, que a qualidade se caracteriza de extrema importância para as organizações na atualidade. No entanto, como observado, esta ferramenta requer um bom nível de preparo e de planejamento por parte de seus executores, tanto do responsável direto, quanto da equipe executante, pois como qualquer metodologia o FMEA apresenta algumas limitações. Com a aplicação da FMEA em uma indústria de autopeças, verificou-se que o trabalho bem coordenado e planejado desempenha um papel importante na minimização de riscos, e conseqüentemente de custos, potencializando o processo de tomada de decisão a nível de produção. Dessa maneira, por meio do estudo de caso, pôde-se comprovar a eficácia da metodologia FMEA, que inclusive, foi ampliada para outros processos da empresa.

**Palavras chave:** Qualidade. Estudo de caso. FMEA

## **The methodology of Analysis Failure Mode and Effect Potential (FMEA): a case study**

### **Abstract**

The objective of this paper is to analyze the positive and negative aspects of the application of FMEA in manufacturing processes. The methodology used was case study in a field of automotive parts industry. The FMEA is a methodology that has been widely used in the production process of organizations, both in projects and in products, provide immense possibilities in the enhancement of quality and defect prevention process. This article has demonstrated, without claiming to exhaust the approach on the subject, which characterizes the quality is extremely important for organizations today. However, as noted, this tool requires a good level of preparation and planning by their executors, both directly responsible, the team's kicker, as any FMEA methodology has some limitations. With the application of FMEA in an auto parts industry, it was found that work well coordinated and planned plays an important role in minimizing risks, and therefore costs, enhancing the process of decision making at the level of production. Thus, through the case study, we could see the effectiveness of FMEA methodology, which also was expanded to other business processes.

**Key-words:** Quality. Case study. FMEA.

## 1. Introdução

Na atualidade se observa uma busca constante e incessante das organizações pela qualidade, dadas as condições extremas de competitividade do mercado em todas as áreas. Pode-se afirmar que a qualidade hoje é o maior diferencial competitivo das empresas, pois o consumidor está cada vez mais exigente nas relações de consumo.

As empresas que pretendem continuar competitivas e sobreviver ao panorama atual devem realizar intensos investimentos em seus processos produtivos, com o objetivo de oferecer cada vez mais qualidade e confiabilidade em seus produtos e serviços.

Nesse sentido, com o avanço da tecnologia e de constantes estudos na área da qualidade, inúmeras metodologias vêm sendo usadas pelas organizações em seus processos, desde investimentos em capital humano até na qualidade final de seus produtos.

A busca pela qualidade constante nos processos e nos produtos se caracteriza como parte da cultura das organizações na atualidade, de acordo com a intensa competitividade em todas as áreas da economia. A qualidade envolvida nos processos industriais vem sendo desenvolvida desde o início do século passado, passando por diversos estudos de controle estatístico, tais como os de Deming (1990), Crosby (1996), Juran (1994), Feygenbaun (2009), dentre outros, até se tornar um componente estratégico dos negócios na atualidade.

Nas indústrias, como exigência das novas demandas do mercado, geralmente são utilizadas metodologias que visam potencializar a qualidade dos produtos, por meio de ferramentas utilizadas para medir, testar, avaliar, minimizar ou eliminar problemas do processo como um todo, desde o seu projeto até a sua produção e entrega ao cliente final.

A indústria automobilística, assim como em outras áreas, requer um alto grau de qualidade no processo produtivo e confiabilidade dos componentes utilizados, como fator de segurança que deve apresentar o produto final, ou seja, os veículos que vão parar nas mãos do cliente final. Dessa maneira, devem ser atendidas à risca as especificações técnicas dos projetos e produtos para que não ocorram falhas que venham a comprometer a segurança e a qualidade do produto final.

Várias metodologias vêm sendo utilizadas pela indústria para garantir a qualidade dos produtos fabricados. Uma destas metodologias que vem se destacando é a denominada “Análise de Modo e Efeitos de Falhas Potencial”, originária do inglês *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), que se caracteriza como um conjunto de atividades destinadas a identificar e minimizar/eliminar falhas no processo de produção.

Esta metodologia é tema de diversos estudos, tais como os de Fernandes e Rebelato (2006), Fernandes (2005), Stamatis (2003), Miguel e Segismundo (2008), dentre outros, sobre a aplicação do FMEA em inúmeros contextos, desde sua utilização em conjunto a outras metodologias, bem como em áreas diversas de produção.

Assim, este artigo pretende analisar a efetividade da aplicação da metodologia FMEA no processo de fabricação. Deste modo, o problema que caracteriza este estudo busca responder qual a efetividade da metodologia FMEA na detecção de falhas em um processo de produção de uma indústria do ramo de peças automobilísticas?

O objetivo geral deste artigo é analisar a efetividade da aplicação da FMEA em processos de fabricação através de um estudo de caso em uma empresa do ramo de autopeças.

## 2. Procedimentos Metodológicos

A metodologia utilizada neste artigo, de acordo com sua natureza foi do tipo exploratória, pois segundo Gil (1999, p. 45) “as pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar

uma maior familiaridade com o problema, almejando com isso torná-lo mais claro ou a construir hipóteses sobre o mesmo.”

Em muitos casos esse tipo de pesquisa envolve um levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que viveram ou vivem experiências relacionadas ao problema e uma análise de exemplos que tornem possível sua compreensão.

Para o alcance dos objetivos propostos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de estabelecer o marco teórico do trabalho. De acordo com Severino (1986), a pesquisa bibliográfica caracteriza-se como o levantamento dos livros e documentos similares existentes sobre o assunto que definem a natureza do tema estudado e a área do trabalho.

Deste modo, foram analisadas publicações acerca da qualidade e especificamente sobre a metodologia FMEA, um breve histórico, conceituação, principais aspectos e as possibilidades e dificuldades de sua utilização.

Foi realizado um estudo de caso em uma empresa do ramo de autopeças, a fim de verificar a aplicação da metodologia FMEA em um processo de produção.

Segundo Yin (2001, p. 31) o estudo de caso se configura como “uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno não estão claramente definidos.”

O estudo de caso então, possibilita que o pesquisador analise um caso específico isoladamente, ou seja, realize um estudo partindo de um exemplo concreto.

Foram coletados dados primários por meio da análise documental dos formulários FMEA da empresa selecionada para a pesquisa, sobre o processo em andamento. Dessa maneira foi possível avaliar a efetividade da metodologia FMEA, objeto de análise do estudo.

Para Yin (2001, p. 32), “o estudo de caso nada mais é do que a narração de fatos e situações reais” ocorridas em empresas ou qualquer outra instituição analisada, utilizando-se para tal, a delimitação de determinado fenômeno, processo, dentre outros.

### **3. A Gestão da Qualidade**

O conceito da qualidade vem assumindo nas empresas estágios cada vez mais elevados necessitando de procedimentos que possam gerenciar e sistematizar questões relacionadas a qualidade. Entretanto nota-se a inexistência de consenso sobre os conceitos da qualidade mesmo quando esta tem papel importantíssimo no desempenho das organizações, dificultando a estruturação de um modelo ideal de Gestão da Qualidade para cada estrutura.

Segundo alguns autores da área, tais como Deming, Juran, Crosby, o conceito de qualidade é conhecido e intuitivo. Ou seja, costuma-se dizer que tudo o que agrada ou atende as necessidades é definido como de qualidade. Com a evolução das técnicas de gestão desde a definição do termo “*Total Quality Control*” por Feygenbaun, passando pela definição de TQC pelo modelo japonês até o *Total Quality Management – GQT*, muitos conceitos foram apresentados como, por exemplo, atender as necessidades dos clientes; satisfazer aos requisitos dos clientes; o que o cliente diz é qualidade, dentre outros.

Qualidade é definida no dicionário Aurélio (FERREIRA, 1986) como: “propriedade, atributo ou condição das coisas ou das pessoas capaz de distingui-las das outras e de determinar a natureza”. Essa definição encontrada no dicionário traz uma idéia bastante genérica a respeito de qualidade.

Quando se trata de qualidade no mundo dos negócios, sua definição se torna mais abrangente, como conceituam Martins e Laugeni (2001, p. 55): “A palavra qualidade é tanto aplicada como atributo de produtos que satisfazem a quem se destinam quanto é definida, como um

modo de organização de empresas que objetiva produzir produtos com o atributo qualidade. Esse último é o conceito que nos interessa.”

Como visto, a definição de qualidade se torna mais abrangente quando se trata de produção de bens ou oferta de serviços ao cliente, ao contrário do que define o dicionário.

Conforme Moura (1997, p. 18) qualidade é o: “Modo de organização e gestão de empresas que visa garantir aos produtos e serviços características que os clientes percebam e estejam às suas necessidades e expectativas. Ainda, com o objetivo de dotar a empresa de condições para que seus produtos tenham características que atendam os requisitos dos clientes.”

Nessas definições, pode-se verificar que a qualidade tem o estrito propósito de satisfazer as necessidades e as expectativas dos clientes, sendo que para isso, a empresa deve estar preparada.

Campos (1999) define: “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente”.

Nesse sentido, cabe destacar que quando o cliente é atendido em suas necessidades e anseios, de maneira que se cria sua satisfação aí está, segundo os autores, o princípio da qualidade em produtos ou serviços.

Ainda pode-se encontrar uma definição de qualidade em Deming (1990), quando defende melhorias constantes em tudo o que fazemos baseando-se no conhecimento profundo de nossas tarefas, profissões, indústrias, educação e sociedade e nós mesmos. Para isso estabeleceu quatorze pontos, conhecidos como princípio de Deming, que representam os fundamentos de sua filosofia para alcançar a Qualidade, que em outras palavras a qualidade se resume em três crenças: “constância de finalidade, melhora constante e conhecimento profundo.”

Nesse contexto Juran (2009, p. 1) diz que: “Durante os anos 60 e 70, muitas empresas americanas perderam sua liderança em qualidade para novos e agressivos concorrentes. A consequência mais óbvia foi a perda de participação de mercado.”

A qualidade passou a ter extrema importância para as organizações a partir do início do século XX.

Assim observa-se que a qualidade conquistou espaço gradativamente no âmbito organizacional e é por volta da década de 1950 que ganha novo destaque no seio das organizações. A inserção da qualidade nas organizações com maior representatividade originou-se com estudos de Deming após a Segunda Guerra Mundial, dando início ao processo do movimento pró qualidade nos Estados Unidos, porém não foi bem aceito pela comunidade empresarial.

Nesse sentido, Deming (1990, p.1) comenta que: “Reza o folclore que nos Estados Unidos, qualidade e produtividade são incompatíveis, que não se podem ter ambos. Um gerente de fábrica lhe dirá que é uma coisa ou outra. Pela sua experiência, se forçar a qualidade, a produtividade diminui; se forçar a produtividade, a qualidade sofre.”

Acreditava-se que qualidade não podia estar ligada diretamente a produtividade sem afetá-la de modo significativo. E desta forma haveria perda ou de um lado ou de outro. Porém sua filosofia chega então ao Japão e ganha adeptos que baseados na idéia de que com qualidade seria possível reestruturar suas indústrias e ganhar com a metodologia, reduzindo custos, tempo e desperdício.

Segundo Deming (1990, p. 2): “Em 1948-49, as administrações de várias empresas japonesas verificaram que a melhora da qualidade dá lugar, natural e inevitavelmente, a um aumento de produtividade”

Dessa maneira, a melhoria e o aumento da produtividade são aspectos resultantes do processo de inserção de qualidade e conseqüentemente, melhoram também os lucros das organizações, indo de encontro à menção do autor ao folclore americano em que este processo não seria possível.

Partindo então da indústria japonesa, a qualidade ganhou o ocidente e na atualidade não existe empresa, que não se utilize dos princípios da qualidade em seus processos, sob pena de não sobreviver no mercado extremamente competitivo.

O conceito da Gestão da Qualidade Total (GQT) teve ênfase inicialmente no Japão, espalhando-se depois para outros países. Os principais pesquisadores da qualidade foram Deming, Juran, Crosby e Feigenbaum. A contribuição de cada um destes estudiosos foi muito importante para se chegar ao conceito de qualidade atual.

#### **4. Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)**

Segundo Moura (2000), a metodologia FMEA teve destaque a partir da indústria aeroespacial na década de 1960 do século passado, apesar de ser utilizada em outras áreas.

Segundo Leopoldino (2007), a metodologia *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), se caracteriza como um conjunto de técnicas que tem como objetivo principal identificar e evitar a ocorrência de falhas tanto em projetos de produtos, quanto nos processos de produção. Visa também apresentar ações de melhorias nestas fases.

Basicamente, pode-se afirmar que esta metodologia se propõe a diminuir as chances de ocorrência de falhas nos processos e conseqüentemente no produto final.

A metodologia FMEA baseia-se nos seguintes princípios:

- a) reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto / processo e os efeitos desta falha;
- b) identificar ações que poderiam eliminar ou reduzir a possibilidade de ocorrência de uma falha potencial;
- c) documentar todo o processo.

Dessa maneira, o objetivo principal da FMEA é realizar todo um processo de análise que previna a existência de falhas tendo em vista a satisfação do cliente final.

Em outras palavras, a base do processo é o alcance da qualidade. Logicamente quando o produto apresenta falhas, caracteriza um dos principais aspectos que desagradam o cliente, e nesses tempos de alta concorrência, pode representar um fator de perda deste cliente e fatalmente do mercado.

Em uma dimensão mais ampla, o prejuízo pode ser maior ainda, no que diz respeito ao consumidor, que corre sérios riscos quando um produto apresenta falhas.

Moura (2000) afirma que na atualidade há um grande compromisso das empresas em apresentar melhoria contínua em seus processos e produtos. Deste modo o uso da FMEA se torna importante, devido ao seu caráter de identificar e auxiliar na eliminação das falhas em potencial. Diversos estudos demonstram que a utilização da FMEA, quando bem organizada, poderia ter prevenido falhas de processos e de produtos, especialmente na indústria automobilística.



Ainda Moura (2000) afirma que para a implementação perfeita da FMEA, é o momento em que esta ocorre e deve ser anteriormente ao evento e não depois do fato ocorrido. Ou seja, a análise deve estar centrada anteriormente à ocorrência da falha para que esta não ocorra.

Existem três situações básicas que justificam a geração de uma FMEA, sendo que cada uma tem um escopo e um foco diferentes, que segundo Leopoldino (2007) são:

- 1) Novos projetos, nova tecnologia ou novo processo. O escopo da FMEA é o projeto, tecnologia ou processos completos.
- 2) Modificações em projeto ou processo existentes (quando existe uma FMEA para o projeto ou processo existentes). O escopo da FMEA deveria focar na modificação do projeto ou processo, possíveis interações devido à modificação e histórico de campo.
- 3) Uso de um projeto ou processo existentes em um novo ambiente, localização ou aplicação (quando existe uma FMEA para o projeto ou processo existentes). O escopo da FMEA é o impacto do novo ambiente ou localização no projeto ou processo existente.

Cabe destacar ainda, que geralmente a responsabilidade pela preparação da FMEA é de uma pessoa apenas, o engenheiro, porém, segundo Leopoldino (2007) este deveria ser um trabalho de equipe, ou seja, de todos os envolvidos no processo ou projeto, um trabalho de caráter multidisciplinar.

Assim, um perfeito planejamento e análise criteriosa pode fazer da FMEA uma ferramenta primordial na identificação e eliminação ou minimização de falhas, garantido ao produto final maior qualidade e confiabilidade, o que resulta na satisfação do cliente.

## **5. Possibilidades e dificuldades na utilização da Fmea**

Como já mencionado, o FMEA se caracteriza como uma exigência para todas as organizações e normas da qualidade. Algumas organizações ou normas não se referem especificamente como FMEA ou outra sigla. Entretanto, exigem dos funcionários e dos fornecedores um esforço genuíno de previsão dos problemas potenciais e implementação das melhores opções possíveis para prevenção ou controle desses modos de falha potenciais.

Segundo Palady (2004), isso faz parte do processo de pensamento do engenheiro quando está projetando ou revisando um produto, processo ou serviço.

Ainda Palady (2004) afirma que todas as empresas concordam que o risco de introduzir um novo projeto ou mudança de projeto deve ser totalmente avaliado. Pode-se dizer que o FMEA destaca-se como uma exigência universal para organizações e padrões da qualidade.

De acordo com Toledo e Amaral (2006), na atualidade, para algumas organizações, o FMEA é exigência dos programas da qualidade para a própria organização e seus fornecedores. Alguns exemplos incluem a norma QS 9000 (Quality System) da indústria automobilística (Chrysler/Ford/General Motors) e a Norma do Departamento de Defesa 1629 A (atualmente em revisão). O FMEA está sendo considerado para normas de qualidade que servem como diretrizes, embora não sirvam como exigências, em outros setores, por exemplo, o cGMP (*current Good Manufacturing Practices* — Boas Práticas de Produção atuais) da *Food and Drug Administration*, e a série de qualidade da *International Organization for Standards*, as normas ISO 9000.

Como benefícios mensuráveis da aplicação da FMEA, Toledo e Amaral (2006) explicam que esta ferramenta exige um custo inicial da organização. Isso inclui tempo dos membros da equipe e uma das atividades mais caras, as reuniões. Esse custo inicial pode ser um investimento, se o FMEA for realizado com eficácia. Esse retorno do investimento será percebido pelo cliente, bem como pela organização, sob a forma de redução dos custos de falha.

Palady (2004) explica que a redução do custo de falha, resulta em dividendos maiores. As organizações podem incluir as despesas associadas à empresa em uma das três categorias: a) Custo de prevenção; b) Custo de avaliação, e; c) Custo de falha. O desenvolvimento e a manutenção do FMEA se configura como um custo de prevenção. Uma organização que investe nessa categoria pode ou não perceber um retorno substancial do investimento. Dependerá da eficácia com que as ferramentas de prevenção foram implementadas, exigindo um sólido conhecimento prático dessas ferramentas.

Para Toledo e Amaral (2006), ainda como possibilidades da utilização da FMEA, podem ser observados os seguintes aspectos: acréscimo dos níveis de produtividade e da qualidade do produto/processo; significativa economia nos custos e no tempo de desenvolvimento; pode servir como um direcionador para testes mais eficientes; aponta um caminho rápido para a resolução de problemas; diminui alterações de engenharia; potencializa a satisfação dos clientes; minimiza a ocorrência de imprevistos no processo, dentre outros.

Já no que diz respeito as dificuldades da implementação da FMEA, Palady (2004) destaca que um dos erros mais comuns é a falta de planejamento. Com muita frequência, a equipe decide começar a elaborar o formulário de FMEA imediatamente, listando a função mais óbvia, os modos de falhas e os subsequentes efeitos dos modos de falha, tentando passar diretamente às ações recomendadas. Essa abordagem pode criar confusão, adicionar custos desnecessários e limitar a utilidade do FMEA completo.

Toledo e Amaral (2006) assinalam que outro aspecto a ser destacado é a probabilidade de que os profissionais que possuem experiência prática nas aplicações do FMEA sejam capazes de identificar, de imediato, alguns dos problemas atribuídos ao desenvolvimento de FMEAs sem planejá-las. Muitos desses problemas aparecem sob a forma de perguntas ou estimulam discussões prolongadas, que podem tornar o início do projeto mais lento, porém, podem aumentar as chances de uma conclusão bem-sucedida por parte da equipe responsável. Por outro lado, a falta de planejamento traz grande probabilidade de não se poder concluir o FMEA como um trabalho de equipe e seus resultados/benefícios poderão ser questionáveis.

A responsabilidade pelo FMEA também pode caracterizar um erro comum. A distribuição das responsabilidades de maneira igualitária entre os membros da equipe pode resultar em entraves na sua implementação. Palady (2004) explica que o FMEA deve ser atribuído a um indivíduo apenas (geralmente ao engenheiro), que será responsável pelo orçamento, duração, e, sobretudo, pela eficácia do processo.

Já no nível de desenvolvimento, este deve ser realizado por uma equipe, e não por um único indivíduo, dado o caráter multidisciplinar do processo. Geralmente o engenheiro detém o maior conhecimento na equipe, porém, não conhece tudo. Nesse sentido, o envolvimento da equipe como um todo é fundamental para a eficácia do FMEA.

Por fim, como obstáculos mais comuns à aplicação do FMEA, Palady (2004) destaca que esta ferramenta não serve para substituir o trabalho da engenharia, nem todos os modos de falha concebíveis devem ser avaliados no FMEA; o FMEA não se caracteriza como ferramenta para seleção do conceito de projeto ideal; o FMEA, como ferramenta, também possui suas limitações.

## **6. Análise e discussão dos resultados**

Nesta seção são apresentados os resultados do estudo de caso realizado em uma empresa do ramo de peças automobilísticas. Como destacado na literatura, dentre os objetivos da FMEA, esta é utilizada para potencializar a confiabilidade dos processos ou de produtos que já estejam em operação, analisando-se falhas que já ocorreram.

Partindo deste princípio, por meio de falhas verificadas no processo de usinagem de peças, foi proposta a utilização da FMEA de processo, no intuito de sanar os problemas encontrados.

Após a realização de reuniões preliminares foi composta a equipe para implantação da análise, que contou com os profissionais das áreas de Qualidade, Projetos, Metrologia, Ferramentaria, Produção / Injeção, Processo, Acabamento e Embalagem e manutenção.

A equipe de trabalho iniciou pela determinação dos objetivos e da abrangência da análise, partindo a seguir para a formação dos grupos de trabalho e a preparação da documentação.

A análise de falhas em potencial, como orienta a metodologia foi realizada por meio da definição das funções e características do processo, os tipos de falhas potenciais no processo, os efeitos deste tipo de falha, as causas possíveis das falhas e os controles atuais.

Uma etapa importante da metodologia foi a avaliação dos riscos, os quais são definidos por meio de índices de Severidade, Ocorrência e Detecção, de acordo com critérios previamente estabelecidos nas reuniões dos grupos de trabalho. O resultado da multiplicação destes três índices resulta em coeficientes de prioridade de Risco.

Os índices de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D), ou seja, os critérios de risco podem ser analisados segundo o que exemplifica a figura a seguir, proposta por Toledo e Amaral (2006).

SEVERIDADE (S)			
ÍNDICE	SEVERIDADE	CRITÉRIO	
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorreu	
2 / 3	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente;	
4 / 5 / 6	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente;	
7 / 8	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente;	
9 / 10	Muito alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança.	
OCORRÊNCIA (O)			
ÍNDICE	OCORRÊNCIA	PROPORÇÃO	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk > 1,67
2 / 3	Pequena	1:20.000 1:4.000	Cpk > 1,00
4 / 5 / 6	Moderada	1:1.000 1:400 1:80	Cpk > 1,00
7 / 8	Alta	1:40 1:20	
9 / 10	Muito alta	1:8 1:2	
SEVERIDADE (S)			
ÍNDICE	DETECÇÃO	CRITÉRIO	
1 / 2	Muito Grande	Certamente será detectado	
3 / 4	Grande	Grande probabilidade de ser detectado	
5 / 6	Moderada	Provavelmente será detectado	
7 / 8	Pequena	Provavelmente não será detectado	
9 / 10	Muito pequena	Certamente não será detectado	

Figura 1 – Exemplos de critério de Risco  
Fonte: Toledo; Amaral (2006, p. 9)

Com base nessas informações, foi construído o formulário FMEA demonstrado a seguir.



ANÁLISE DO TIPO E EFEITO DE FALHA												
FMEA: Processo			Equipe / Setor: Qualidade, Projetos, Metrologia, Ferramentaria, Produção / Injeção, Processo, Acabamento, Embalagem.									
Descrição do Processo	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeito da Falha em Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles atuais	Índices				Ações de Melhorias		
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável / Prazo	Ações Implantadas
Usinagem / Injeção  Sockel Rohteil	Peça sem excesso de rebarbas	Peças com excesso de rebarbas ou rebarbas muito grossas	Problemas na fixação no processo de usinagem	Fechamento incorreto do molde	Manutenção preventiva do molde	4	2	7	56	Manutenção Preventiva nos moldes e na injetora	Setores de Manutenção, Processo e Produção / Injeção. Quando ocorrer.	Implantação de plano de manutenção preventiva de moldes e injetora
				Mal travamento da injetora (fechamento)	Manutenção preventiva da injetora	9	2	7	126			
			Riscos de lesão em operadores nos processos seguintes	Amassamento em regiões de fechamento do molde e / ou desgaste do ferramental	Manutenção preventiva do molde	9	2	7	126			
Usinagem / Injeção  Sockel Rohteil	Peças sem empenamento	Peças apresentando empenamento	Falhas na fixação da peça no dispositivo de usinagem	Refrigeração inadequada do molde	Manutenção preventiva do molde	5	2	5	50	Manutenção Preventiva nos moldes	Setores de Manutenção, Processo e Produção / Injeção. Quando ocorrer.	Implantação de plano de manutenção preventiva de moldes
			Possíveis dificuldades de montagem no cliente	Parâmetros de máquina definidos incorretamente	Guia de Regulagem de Máquina - GRM	5	2	5	50			

Figura 2 – FMEA - ANÁLISE DO TIPO E EFEITO DE FALHA

Fonte: Martins (2011)

Cabe destacar que o formulário a seguir representa apenas um exemplo de sua utilização na empresa. Atualmente o FMEA é utilizado em mais de trinta processos, com bons resultados.

De acordo com os resultados apresentados pela aplicação da metodologia FMEA, foi possível desenvolver um trabalho criterioso para a detecção e medidas de correção de falhas no processo produtivo da empresa, inclusive, ampliando a utilização dessa metodologia a outros processos.

Além disso, a FMEA se demonstrou uma ferramenta importante para o processo de tomada de decisões da empresa a nível de estratégia da produção, pois possibilitou utilizar os recursos de maneira mais racional no que concerne o planejamento da produção, pois minimizando-se os riscos, diminuem-se também os custos e gastos desnecessários com retrabalho.

## 7. Considerações Finais

A constante preocupação das organizações com custos e com a qualidade oferecida a seus clientes é palavra de ordem na atualidade. Diversas ferramentas são utilizadas pelas empresas para atender a estes requisitos básicos, que definem a situação de sobrevivência da empresa no mercado extremamente competitivo.

Os clientes estão cada vez mais exigentes com relação à qualidade dos produtos e/ou serviços oferecidos. Sabe-se que para a conquista dos clientes o processo é extremamente demorado, porém para sua perda pouquíssimos aspectos de não conformidade são suficientes.

Este artigo demonstrou, sem a pretensão de esgotar a abordagem sobre o tema, que a qualidade se caracteriza de extrema importância para as organizações na atualidade. Dentre as metodologias disponíveis, o FMEA se destaca como uma ferramenta que possibilita a detecção de falhas no processo produtivo da empresa. No entanto, como observado, esta ferramenta requer um bom nível de preparo e de planejamento por parte de seus executores, tanto do responsável direto, quanto da equipe executante, pois como qualquer metodologia o FMEA apresenta algumas limitações.

Com a aplicação da FMEA em uma indústria de autopeças, verificou-se que o trabalho bem coordenado e planejado desempenha um papel importante na minimização de riscos, e conseqüentemente de custos, potencializando o processo de tomada de decisão a nível de produção. Dessa maneira, por meio do estudo de caso, pôde-se comprovar a eficácia da metodologia FMEA, que inclusive, foi ampliada para outros processos da empresa.

A metodologia FMEA utilizada de forma correta pode desempenhar um importante papel para as organizações que buscam a potencialização da qualidade e a minimização de custos oriundos de falhas em seus processos e produtos.

## Referências

- CAMPOS, V. F. *TQC: Controle da Qualidade Total*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bloch Ed, 1999.
- CROSBY, P. *Qualidade*. São Paulo: McGraw-Hill, 1996.
- DEMING, W. E. *Qualidade: a revolução da Administração*. Rio de Janeiro: Saraiva, 1990.
- FEIGENBAUM, A. V. *Controle da Qualidade Total*. São Paulo: Makron Books, 1994.
- FERNANDES, J. M. R. & REBELATO, M. G. *Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA*. *Revista Gestão e Produção*, v. 13, n. 2, p. 245-259, 2006.

- FERNANDES, J. M. R.** *Uma proposta de integração entre métodos para o planejamento e controle da qualidade baseada no FMEA*. 2005. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.
- FERREIRA, A. B. H.** *Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa*. São Paulo: Nova Fronteira, 1986.
- GIL, A. C.** *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- JURAN, J. M.** *Juran planejando para a qualidade*. 10. ed. São Paulo: Pioneira, 2009.
- JURAN, J. M.** *A Qualidade Desde o Projeto*. Pioneira. São Paulo, 1993.
- LEOPOLDINO, V. C.** *FMEA: failure mode and effect analysis*. 3. ed. Curitiba: Tupy, 2007.
- MARTINS, P. G. & LAUGENI, F. P.** *Administração da produção*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.
- MIGUEL, P. A. C. & SEGISMUNDO, A.** *O papel do FMEA no processo de tomada de decisão em desenvolvimento de novos produtos: estudo em uma empresa automotiva*. **Produto & Produção**, v. 9, n. 2, p. 106-119, fev. 2008
- MOURA, C.** *Análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA): manual de referência*. São Paulo: IQA, 2000.
- MOURA, L. R.** *Qualidade simplesmente total: uma abordagem simples e prática da gestão da qualidade*. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 1997.
- PALADY, P.** *FMEA: análise dos modos de falha e efeito: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram*. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.
- SEVERINO, A. J.** *Metodologia do trabalho científico*. 14. ed. São Paulo: Cortez, 1986.
- STAMATIS, D. H.** *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. 2. ed. Milwaukee: ASQC, Quality Press, 2003.
- TOLEDO, J. C. & AMARAL, D. C.** *FMEA: análise do tipo e efeito de falha*. São Carlos: UFSCar, 2006.
- YIN, R. K.** *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.