

Mapeamento de soluções para modos de falha nos alarmes de veículos automotivos: aplicação do FMEA como apoio a melhoria contínua

Anee Mayara de Oliveira Gonçalves (UTFPR) mayara-oliveirag@hotmail.com

Lourenço dos Santos Dantas Gomes(UTFPR) lourencodantas@hotmail.com

Joseane Pontes (UTFPR) joseane_pontes@yahoo.com.br

Resumo:

O Tema Qualidade Total embora não seja atual, vem sendo cada vez mais discutido e aplicado dentro do setor industrial, dado a filosofia pertinente a continua melhoria. Sistemas de trabalho como Seis sigma, TPM, TQM, são exemplos que tem sido amplamente utilizado para o alcance de resultados de classe mundial, as chamadas empresas de classe mundial. Para o alcance destes resultados, é necessária a utilização de métodos que tragam não só resultados a longo prazo mas que resultem também em uma maior confiabilidade e permitam a melhoria contínua. A proposta deste trabalho é apresentar um exemplo prático do método FMEA associado às ferramentas como o Diagrama de Causa e Efeito, Pareto e os 5 Porquês no auxílio à tomada de decisão durante a priorização de modos de falha que geram suas respectivas falhas funcionais.

Palavras chave: FMEA, Gestão da Qualidade, Falhas.

Mapping of solutions of automotive vehicles alarms failure modes: Application of FMEA as support to continuous improvement

Abstract

The total quality theme, although not current, is being increasingly discussed and applied within the industrial sector, due to its philosophy be relevant to the continuous improvement. Work systems like Six Sigma, TPM and TQM are examples that has been widely used to achieving World-Class results, called World-Class companies. To achieve these results, it is necessary the utilization of methods that bring not only long-term result but also improved reliability and that allow the continuous improvement. The proposal of this article is to present a practical example of FMEA method associated to another tools like cause and effect diagram, Pareto, and five whys in aid to decision making during the prioritizing of failure modes that generate their respective functional failures.

Key-words: FMEA, Quality management, Failures

1. Introdução

Com a competição do mercado cada vez mais acirrada, as empresas precisam melhorar continuamente as suas técnicas, métodos e produtos, e até mesmo inova-los para se manter no mercado. Entre várias alternativas de estratégias, a Gestão da Qualidade visa levar e manter as organizações sempre à frente da concorrência num processo contínuo e crescente.

Para reduzir desperdícios e os custos da não qualidade a Gestão da Qualidade necessita de um ciclo de medição e análise dos resultados para definir o que é preciso ser feito e se ter um gerenciamento da qualidade dentro da organização no decorrer do processo, além de registros sobre o que foi feito. Juran (1995) define Gestão da Qualidade Total como a extensão do planejamento dos negócios da empresa que inclui o planejamento da qualidade.

Para implantação da Gestão da Qualidade Total, de qualquer segmento, é necessário desenvolver métodos e técnicas que mostrem a grande contribuição que a qualidade traz à organização. Técnicas da Qualidade Total envolve as “ferramentas”, que segundo Paladini (1997) são dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento. Porém sabe-se que cada ferramenta deve ser utilizada para atender demandas específicas da qualidade.

Neste sentido, o artigo busca apresentar a importância da aplicação de ferramentas da qualidade em prol da melhoria da empresa. Com isso, o objetivo deste artigo é demonstrar a partir da aplicação do FMEA, as possíveis falhas que poderão ocorrer nos alarmes de veículos automotivos bem como demonstrar como a ferramenta pode auxiliar em uma tomada de decisão mais concisa a fim de proporcionar melhoria da qualidade. A seguir será apresentado o embasamento teórico que ajudará no desenvolvimento deste artigo.

2. Abordagem da Gestão da Qualidade

A expansão dos conceitos básicos sobre controle da qualidade expandiu após a 2ª Guerra Mundial, devido a aceleração da tecnologia. No decorrer do século XX a gestão da qualidade passou por quatro eras:

- a) A inspeção do produto: Os produtos eram verificados um a um, porém na inspeção não produzia qualidade.
- b) Controle do processo: Um departamento especializado faz o controle por amostragem dos produtos fazendo a inspeção da qualidade;
- c) Sistemas de Garantia da Qualidade: Esta era é marcada pela criação da ISO, uma forma de cumprimento de contrato com clientes, a fim de garantir que o produto está conforme amostra fornecida, controle de fornecedores e etc.
- d) Gestão da Qualidade Total: Surge na década de 70, com o propósito de todo processo produtivo controlado onde toda a empresa é responsável pela qualidade, os clientes têm qualidade assegurada. Surge também o termo Controle Total da Qualidade.

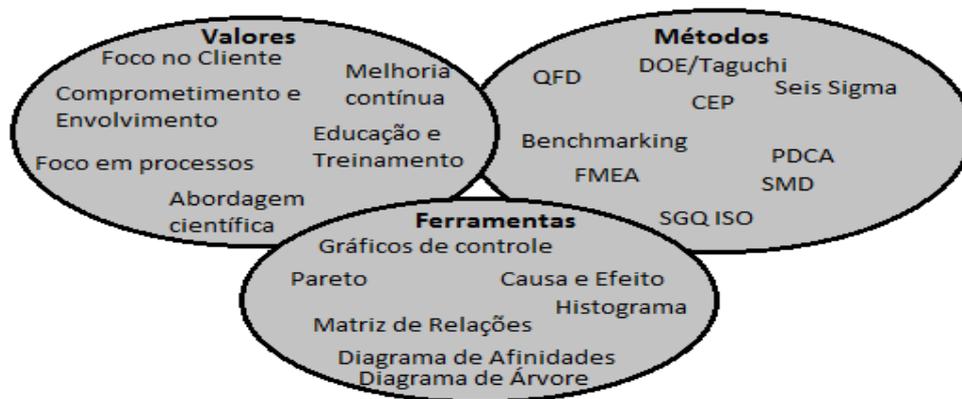
O conceito de qualidade também passou por mudanças ao longo dos anos. Segundo Carpinetti (2008), até o início dos anos 50, a qualidade do produto era entendida como sinônimo de perfeição técnica, a partir da década de 50, com a divulgação do trabalho de Joseph Juran (1990), Deming (1990) e Feigenbaum (1991), percebeu-se que qualidade deveria estar associada não apenas ao grau de perfeição técnica, mas também ao grau de adequação aos requisitos do cliente. Qualidade então passou a ser conceituada como satisfação do cliente quanto à adequação do produto ao uso (ISO, 2000).

No Japão Edwards Deming tornou-se influente e pioneiro na qualidade, ele preferiu focar a atenção do empresariado em outros aspectos, filosóficos e culturais, que mais tarde se tornaram os 14 pontos de Deming (1990). Deming também foi o criador do Ciclo PDCA.

Logo surgiu o *Total Quality Management* (TQM), criada por Juran (1990) que define a Gestão da Qualidade Total como a extensão do planejamento da qualidade. Segundo o mesmo autor, são atividades usuais da TQM:

- a) Estabelecer objetivos abrangentes;
- b) Determinar as ações necessárias para alcançá-los;
- c) Atribuir responsabilidades bem definidas pelo cumprimento de tais ações;
- d) Fornecer recursos necessários para o adequado cumprimento dessas responsabilidades;
- e) Viabilizar o treinamento necessário para cada ação prevista (treinar pessoal não deixa de ser uma forma de adequar o envolvimento de determinados recursos aos objetivos de todo o processo);
- f) Estabelecer meios para avaliar o desempenho do processo de implantação em face dos objetivos;
- g) Estruturar um processo de análise periódica dos objetivos;
- h) Criar um sistema de reconhecimento que analise o confronto entre os objetivos fixados e o desempenho das pessoas em face dele.

Segundo Carpinetti(2008), o TQM é uma estratégia de fazer negócios que objetiva maximizar a competitividade de uma empresa por meio de um conjunto de princípios de gestão, métodos e ferramentas de gestão da qualidade, como ilustrado na figura 1.



Fonte: Gestão da Qualidade ISO 9001:2008

Figura 1- Elementos da Gestão pela Qualidade Total ou TQM.

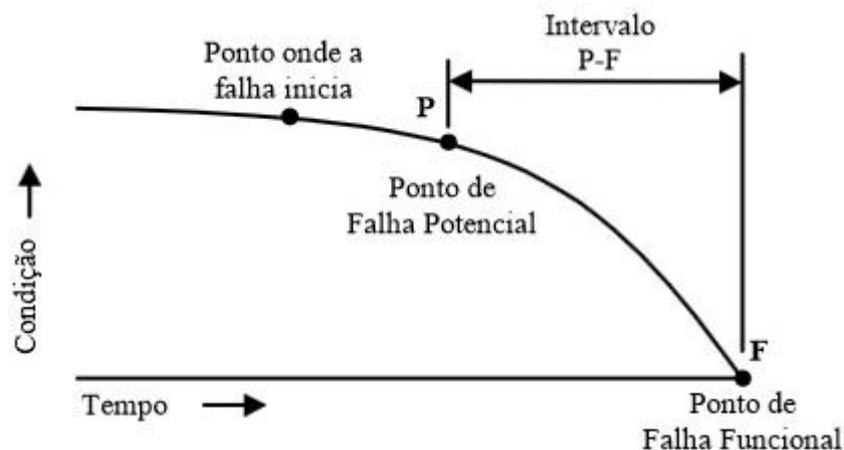
A partir da década de 80, programas da qualidade e adoção de vários métodos e ferramentas foram difundidos mundialmente. As técnicas mais comuns e simples de produção da qualidade ficaram conhecidas como “ferramentas”, trata-se de dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação de melhorias no processo produtivo (PALADINI et al., 2012).

2.1 Falhas

Dentro de algumas das possibilidades de classificação de falhas, para este trabalho, será abordado a classificação da Manutenção Centrada na Confiabilidade, já que trata do efeito provocado no sistema. De acordo com Fogliatto (2007) quando à Manutenção Centrada em confiabilidade temos:

- a) **Falha Funcional:** a falha enfocada, em termos de falha funcional, é definida como a incapacidade de qualquer item físico cumprir uma função para um padrão de desempenho aceitável pelo usuário.
- b) **Falha Potencial:** Condição identificável que indica se a falha funcional está para ocorrer ou em processo de ocorrência, representa o ponto onde o item físico começa a apresentar perda do desempenho da função.

Ainda Fogliatto (2007) fez uma representação da relação entre Falha Potencial x Falha Funcional em que existem 3 períodos de tempo (FIGURA 2). O primeiro representa o período entre uma condição normal de operação até o início da falha e, está compreendido entre marco “Zero” e o “Ponto onde a falha inicia”. O segundo representa o período entre o início da falha até o aparecimento de um sinal da falha, já o terceiro, representa o período que se estende desde o aparecimento do sinal da falha até a sua ocorrência.



Fonte: Fogliatto (2008)
 Figura 2- Falha Potencial x Falha Funcional.

Do ponto de vista industrial em uma manutenção de máquinas, o ideal é que se tenha uma manutenção preditiva dos seus componentes, pelo menos dos mais críticos, para que o intervalo entre a falha potencial e a falha funcional seja aproveitado ao máximo desde que, não afete também a produtividade e qualidade dos produtos ali gerados.

Por outro lado, normalmente isso não acontece com os produtos após eles serem adquirido pelo consumidor. Boa parte deles, só são enviados à manutenção pelo cliente a partir do momento em que apresentou a falha funcional. Alguns produtos como os veículos automotivos, apresentam a manutenção preventiva que diferente da manutenção preditiva não tem um acompanhamento à finco de parâmetros que possam indicar se uma possível falha funcional está para ocorrer, simplesmente tem já pré-estabelecido um padrão de manutenção para todos os componentes do mesmo.

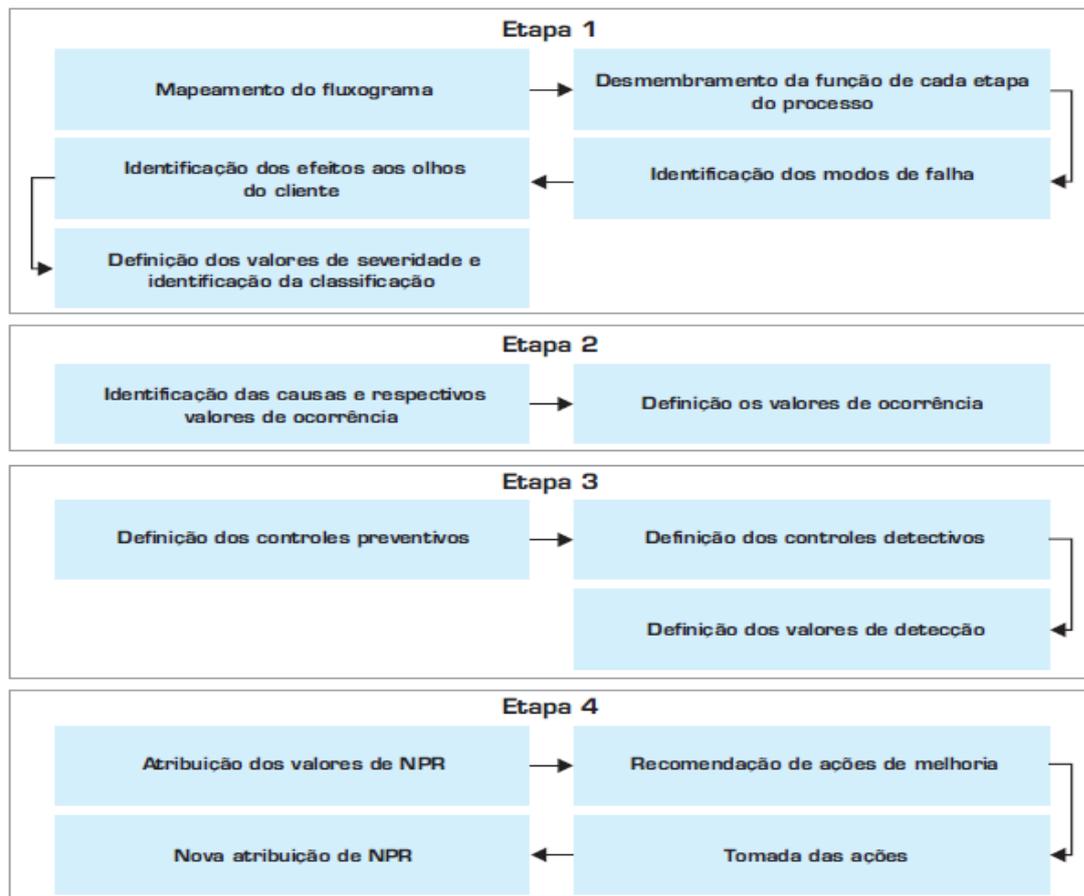
2.2 FMEA

Segundo Matos e Milan (2009) o FMEA é destaque dentre as ferramentas gerenciais, sendo ela sido desenvolvida por militares americanos. A partir de 1988, foi iniciada a utilização em empresas como Ford e GM como parte dos programas avançados de planejamento da qualidade em projetos e processos.

O FMEA é um método analítico, padronizado e utilizado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa. Consiste na identificação de todos os possíveis modos potenciais de falha e determina o efeito de cada uma sobre o desempenho de um sistema, seja este um produto, seja um processo. É um método de estudo das causas fundamentais dos problemas de produtos e, ou, processos e tem como principal objetivo identificar e hierarquizar as falhas críticas, apontando o potencial de risco de cada uma e auxiliando a elaboração de um plano de ação para o bloqueio das falhas detectadas (HELMAN e ANDERI, 1995).

Garcia (2000) enfatiza que, a utilização eficiente do FMEA de processo, serve não só como registro de ocorrências para estudos futuros, mas também permite que seja realizado o processo de melhoria contínua.

Na figura a seguir, Aguiar e Salomon (2007) resumiram de uma forma lógica os 4 passos básicos para o desenvolvimento de um FMEA:



Fonte: Aguiar e Salomon (2007)

Figura 3- Desenvolvimento de um FMEA.

O NPR, é valor de referência para a definição das prioridades que devem ser dadas à um processo de forma a serem estabelecidas ações corretivas e principalmente preventivas buscando a erradicação de falhas. O valor é resultado da multiplicação de 3 valores que são definidos nas etapas 1, 2 e 3 da figura anterior. São eles respectivamente, severidade, que segundo Tozzi (2004) define esta classificação associada à gravidade do efeito feita por uma pontuação que varia de um a dez: nota um para o menos grave e nota dez para o mais grave. Ocorrência, como probabilidade de uma causa ocorrer e é convencionalmente estimada em uma escala de um a dez, sendo nota um para a menor ocorrência e nota dez para a maior ocorrência. Normalmente a ocorrência é conhecida com base no histórico de ocorrência em situações semelhantes ou reais. Detecção, que ainda Tozzi (2004) diz que define uma classificação associada ao controle de detecção feita por uma pontuação que varia de um a dez, e que diferentemente das outras duas, é inversamente proporcional ao poder de detecção.

A seguir será apresentado o estudo do FMEA em cima de um alarme de um carro realizado em uma empresa de veículos automotivos.

3. Aplicação de um modelo FMEA

A pesquisa foi realizada em uma empresa de veículos automotivos na região dos Campos Gerais. A empresa possui 17 funcionários e através de entrevista realizada com os proprietários da empresa foram observadas as seguintes falhas funcionais na mesma: portas não travam ao acionar o alarme, alarme disparando com frequência, alarme inoperante, luzes De pisca alerta do carro não ligam.

Descrição do Produto	Função(ões) do Produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito da Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Causa Raiz	Índices				R médio	Ações de Melhoria Ações Recomendadas
						S	O	D	R		
Sistema de alarme do carro	Ativar travamento das portas	Elétrica/mecânica	Portas não travam	Motor das portas não ativam	Item não estava contido no período de inspeção do manual	10	3	3	90	90	Inserir revisão do sistema de acionamento das travas elétrica no plano de inspeção
					Horário do operador estava sendo extrapolado	10	3	4	120		Determinar um intervalo de tempo seguro para cada tipo de manutenção nos procedimentos operacionais
					Pico de atividades de manutenção	10	2	3	60		Disponibilizar conjunto de ferramentas básicas individuais para os manutentores
	Detectar movimentos dentro do carro ao estar ativado	Elétrica	Alarme dispara com frequência	Placa de comunicação desconfigurada	Motorista esqueceu de desligar o farol	2	3	7	42	33	Instalar sistema de alerta sonoro para quando algum sistema elétrico estiver ativo exceto o alarme
					Muitos dias sem dar partida no carro	2	3	4	24		Aletar o consumidor sobre a importância de se ligar o carro periodicamente a fim de evitar a perda total de bateria
	Acionar luzes de pisca alerta	Elétrica	Alarme Inoperante	Sensor não funciona	Na lavagem do carro o consumidor deixou cair água no sensor	8	1	8	64	64	Inserir no manual de orientação ao consumidor a utilização de apenas pano seco ou levemente umedecido nas regiões próximas do sensor
					Material de baixa qualidade (fio pouco esmaltado)	5	2	2	20		Trocar a marca do material

Fonte: Autoria Própria

Figura 4 – FMEA sistema de alarme de automóvel

Figura 4- FMEA alarme de automóvel. Para a definição da causa raiz do problema para a falha funcional, foi realizada a análise dos 5 porquês. Esta análise consiste em se perguntar o porquê dos acontecimentos dos fatos anteriores e é finalizada apenas quando não se julgar mais necessário uma nova pergunta porquê, visto que já é possível a determinação de uma ação preventiva que viabilize a erradicação da causa.

Análise dos 5 Porquês						
Causa	1° Por quê?	2° Por quê?	3° Por quê?	4° Por quê?	5° Por quê?	Ação Preventiva
Motor das portas não ativam	sistema mecânico travado	Peça que conecta o motor e a trava quebrou	Não foi trocada a peça na revisão	Item não estava contido no período de inspeção do manual		Inserir revisão do sistema de acionamento das travas elétrica no plano de inspeção
	Curto no sinal de abertura/fechamento	Fio mal isolado	Falha operacional do mecânico	Atividade executada as pressas sem a devida atenção	Horário estava sendo extrapolado	Determinar um intervalo de tempo seguro para cada tipo de manutenção nos procedimentos operacionais
Fiação mal conectada	Utilização de ferramenta inadequado	Indisponibilidade da ferramenta correta	Pico de atividades de manutenção			Disponibilizar conjunto de ferramentas básicas individuais para os manutentores
Placa de comunicação desconfigurada	sistema elétrico resetado	A bateria foi recarregada	A bateria esgotou	Faróis ligados o dia inteiro	Motorista esqueceu de desligar o farol	Instalar sistema de alerta sonoro para quando algum sistema elétrico estiver ativo exceto o
				Muitos dias sem dar partida no carro		Aletar o consumidor sobre a importância de se ligar o carro periodicamente a fim de evitar a perda total de bateria
Sensor não funciona	Sistema elétrico danificado	Infiltração de água	Na lavagem do carro o consumidor deixou cair água no sensor			Orientar o consumidor a utilizar apenas pano seco ou levemente umedecido nas regiões próximas do sensor.
relé sensível queimado	curto na bobina	material de baixa qualidade (fio pouco esmaltado)				Trocar a marca do material

Fonte: Autoria Própria

Figura 5- Desenvolvimento dos 5 porquês para causas potenciais.

Nota-se que alguns campos estão ressaltados na cor vermelha para a identificação de que termina ali as respostas dos porquês e que foi encontrada a causa raiz. Os itens ressaltados em azul, são as ações preventivas estabelecidas para cada causa raiz.

Na sequência, foram avaliados os índices: Severidade (1 a 10) de acordo com o que a falha transmitisse para o cliente; Ocorrência (1 a 10) à proporção que pudesse ocorrer e Detecção (1 a 10) relacionado à dificuldade ou facilidade da detecção da falha.

O não travamento das portas, por uma falha do operador no caso de uma revisão do alarme obteve a maior nota (90), porém este resultado ainda é muito superficial para uma tomada de decisão eficaz. É fato que, esta falha potencial, deve de ser tomada como prioritária, entretantonão sabemos ao certo, em quantas causas de falhas funcionais devemos agir para

alcançar um resultado com nível satisfatório. Logo foram feitas duas análises mais detalhadas para refinar um pouco os dados.

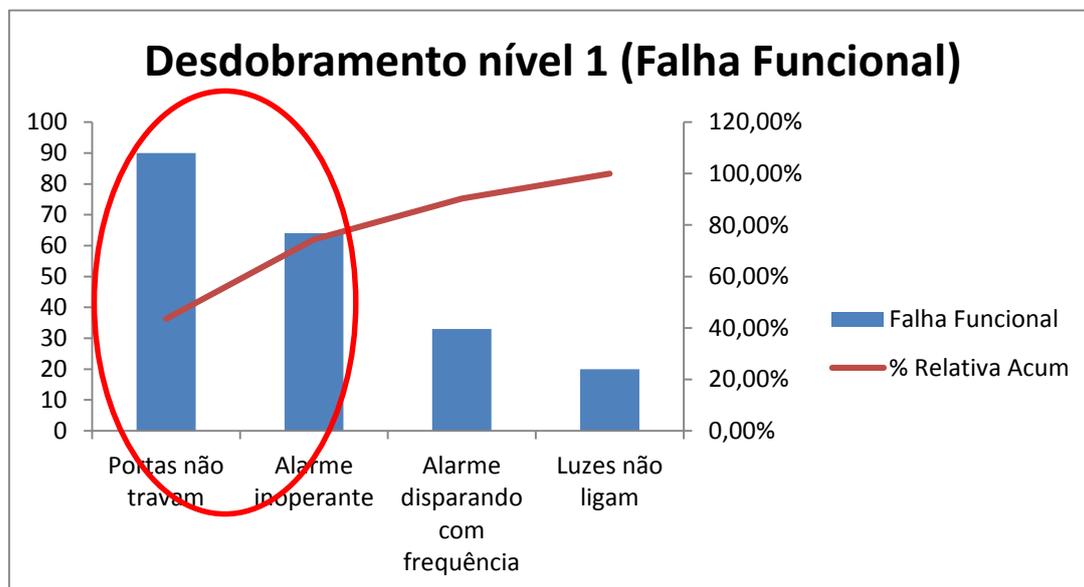
Para chegar aos resultados da Tabela 1, o cálculo foi feito proporcionalmente em relação a quantidade de causas raízes existentes por falha funcional. Neste caso, para uma falha funcional que exista três causas potenciais, o resultado final será o somatório do NPR para as causas dividido por três.

Com base no resultado da porcentagem relativa acumulada, gerou-se um gráfico de Pareto (desdobramento da análise em primeiro nível, gráfico1) onde verificamos que duas dessas falhas funcionais representam quase 80% do nosso resultado do FMEA.

DESDOBRAMENTO NÍVEL 1 (Falha Funcional)			
Falha Funcional	Resultado	Acum	% Relativa Acum
Portas não travam	90	90	40,27%
Alarme inoperante	64	154	74,40%
Alarme disparando com frequência	33	187	90,34%
Luzes não ligam	20	207	100,00%

Fonte: Autorial Própria

Tabela 1- FMEA: Desdobramento nível 1.



Fonte: Autorial Própria

Gráfico 1 – Priorização do desdobramento nível1.

Para uma tomada de decisão mais eficiente gerou-se uma análise em segundo nível para verificar quais as causas raízes que mais impactavam no resultado geral encontrado anteriormente, e garantir que tratando as duas primeiras falhas funcionais não estaríamos investindo tempo e dinheiro em cima de causas que por mais que interfiram nas falhas

destacadas anteriormente tenham proporcionalmente menos impacto que uma outra causa de uma outra falha funcional.

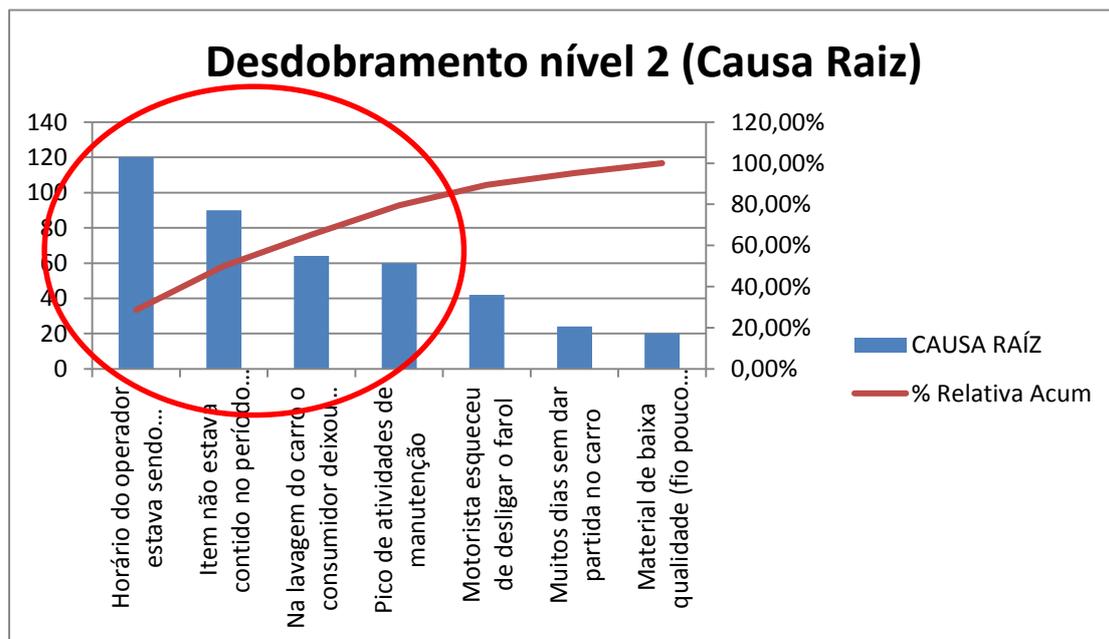
DESDOBRAMENTO NÍVEL 2 (Causas Raízes)

CAUSA RAÍZ	Resultado	Acum	% Relativa Acum
Horário do operador estava sendo extrapolado	120	120	28,57%
Item não estava contido no período de inspeção do manual	90	210	50,00%
Na lavagem do carro o consumidor deixou cair água no sensor	64	274	65,24%
Pico de atividades de manutenção	60	334	79,52%
Motorista esqueceu de desligar o farol	42	376	89,52%
Muitos dias sem dar partida no carro	24	400	95,24%
Material de baixa qualidade (fio pouco esmaltado)	20	420	100,00%

Fonte: Autoria Própria

Tabela 2- Desdobramento nível 2, Causa Raiz.

Pôde-se confirmar então no gráfico abaixo, que apesar de algumas falhas funcionais terem mais de uma causa não interferiu no resultado matemático visto que, as quatro causas raízes que mais impactam, aproximadamente 80% da percentagem relativa acumulada, estão diretamente relacionadas as duas maiores falhas identificadas na primeira análise.



Fonte: Autoria Própria

Gráfico 2 – Priorização do desdobramento nível 2, Causa Raiz.

3.1. Resultados da Aplicação

Através desta análise do FMEA, pode-se tratar algumas diretrizes para a priorização da tratativa e prevenção de algumas falhas funcionais que vieram a ocorrer nos dispositivos de alarme dos veículos automotivos desta empresa.

Dentre as causas mais impactantes, ou seja, aquelas que em uma percentagem acumulada extraída do Pareto resultavam em aproximadamente 80%, encontram-se:

- a) Horário do operador estava sendo extrapolado (25,71%)
- b) Item não estava contido no período de inspeção do manual (21,43%)
- c) Na lavagem do carro o consumidor deixou cair água no sensor (15,24%)
- d) Pico de atividades de manutenção (14,29%)

É válido ressaltar que a priorização destas causas está diretamente relacionada as Falhas funcionais que tiveram o maior índice de NPR. Para cada uma destas causas foi atribuída uma ação preventiva, assim, espera-se que a recorrência destas falhas funcionais reduza ao ponto de que se possível seja erradicada.

4. Considerações Finais

Para a Gestão da Qualidade, a melhoria contínua é um processo que não tem fim. As melhorias por si só, não acontecem apenas com a troca de equipamentos defasados por equipamentos mais tecnológicos. A variabilidade do processo tanto geradas por equipamentos quanto por pessoas existem e são de certa forma imprevisíveis.

Desta forma as melhorias devem começar a ser buscadas também, através da otimização das análises que são feitas em cima dos resultados decorrentes destas variabilidades, almejando a erradicação das mesmas. O objetivo deste artigo foi demonstrar a partir da aplicação do FMEA, as falhas funcionais que ocorrem nos alarmes de veículos automotivos bem como demonstrar como a ferramenta pode auxiliar em uma tomada de decisão mais concisa afim de proporcionar melhoria da qualidade. Percebe-se ao longo do artigo que este objetivo foi alcançado.

A ferramenta utilizada neste estudo pode servir para qualquer segmento de mercado, seja para produto ou para serviço. A aplicabilidade das ferramentas mostrou-se simples, porém a parte de qualificação de alguns dados, foi extremamente difícil de traduzir, interpretar e relacionar as partes. Vale ressaltar ainda que a construção do FMEA deve ser realizada por uma equipe multifuncional, formada por pessoas de vários setores como: manutenção, manufatura, técnicos, vendas e outros, a fim de reunir todas as informações necessárias e possibilitar um resultado completo e rico de informações para melhorar a qualidade do produto.

Recomenda-se que trabalhos futuros se faça um mapeamento de quantas empresas de pequeno ou médio porte dos campos gerais conhecem e/ou aplicam o método FMEA para análise e solução de falhas, visto que apesar de simples, a ferramenta trás respostas rápidas e eficazes.

Referências

AGUIAR, Dimas Campos de; SALOMON, Valério A. P.. Avaliação da prevenção de falhas em processos utilizando métodos de tomada de decisão. *Produção*, Guaratinguetá, v. 7, n. 3, p.502-519, 30 set. 2007.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; GEROLAMO, Mateus Cecílio. *Gestão da Qualidade: ISO 9001:2008*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 111 p.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. *Confiabilidade e Manutenção Industrial*. 2. ed. Rio Grande do Sul: Elsevier, 2009. 265 p

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. *Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA*. Belo Horizonte: Fundação Christino Ottoni, 1995. 156p.

JURAN, J.M. *Juran Institutereport*. New York: Free Press, 1995.

GARCIA, M. D. Uso integrado das técnicas de HACCP, CEP e FMEA. 2000. 128p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande Do Sul – Escola de Engenharia, Porto Alegre, RS, 2000.

MATOS, R.B; **MILAN, M.** Aplicação sistêmica do modo de análise de falhas e efeitos (FMEA) para o desenvolvimento de indicadores de desempenho de empresas de pequeno porte. *Gestão e Produção*, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p.977-985, jun. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>.

PALADINI, Edson Pacheco, *Qualidade total na prática – implantação e avaliação de sistema de qualidade total*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 301 p.

ROSS, Júlio. **Manuais de Alarmes**. 2008. Disponível em: <<http://www.anep.com.br/>>. Acesso em: 20 jul. 2014

TOZZI, A. Desenvolvimento de um programa de verificação de processo de lançamento de cabos com o auxílio da FMEA. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia, Porto Alegre, RS, 2004.