

# Aplicação do Método Fmea no Processo de Climatização de uma Indústria Automobilística

**Helena Ávila Ramos**  
avila.helena@yahoo.com.br  
UFF

**Carlos Alberto Chaves**  
cachaves@quick.com.br  
UFF

**Nilson Brandalise**  
nilson\_01@yahoo.com.br  
UFF

**Resumo:** Este trabalho tem por objetivo demonstrar a eficácia da ferramenta da qualidade FMEA (Failure Mode and Effect Analysis – Análise do Modo e Efeitos de Falha Potencial) como meio de prevenir, reduzir falhas e atuar preventivamente nas suas causas no processo de climatização de uma indústria automobilística, garantindo a confiabilidade do processo e do produto. Inicialmente faz-se uma abordagem das principais ferramentas estatísticas para o Controle da Qualidade de seis sigma e confiabilidade. A metodologia utilizada de FMEA é analisada no decorrer do trabalho e em seguida aplicada ao processo de climatização de veículos. Adicionalmente foi realizada uma pesquisa de campo para levantamento de dados de falhas do processo de climatização dentro de uma indústria automobilística. Através da análise da pesquisa de campo comprovou-se a eficácia do FMEA obtendo-se uma redução de 34 % de falhas durante o processo de climatização.

**Palavras Chave:** Método FMEA - Qualidade - Confiabilidade - Falhas -

## 1. INTRODUÇÃO

A globalização da economia propiciou grande fluxo de capital, mercadorias e pessoas. Em consequência, houve também um elevado aumento da competitividade entre as empresas forçando os diversos setores da economia a adequar-se ao veloz ritmo das mudanças. Um dos setores da economia onde este dinamismo é visível é a indústria automobilística, pois o mercado exige uma atualização contínua na sua estrutura, processos e produtos.

Para a sua sobrevivência é indispensável que seu processo seja confiável, de forma a proporcionar a qualidade exigida pelo cliente além, é claro, de redução contínua dos custos associados aos produtos.

Uma das formas de uma empresa automobilística atingir os objetivos de lucratividade é por meio da melhoria contínua do seu processo de produção. Um dos processos de otimização que se pode aplicar é a garantia da qualidade ao longo do processo produtivo. A montagem dos veículos é de extrema importância para a segurança, satisfação e para a imagem da montadora junto aos seus clientes. Para que esse processo seja confiável, um mínimo de falhas deve ocorrer durante a montagem do veículo na linha de produção. Por meio da garantia da qualidade, pode-se obter uma diminuição significativa de falhas.

A par disto, utiliza-se a ferramenta da qualidade FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) para avaliar as possíveis falhas do processo de modo a prevenir/minimizar sua ocorrência.

O processo de climatização de uma indústria automobilística é suscetível a falhas, que podem comprometer a confiabilidade do processo e produto. Atualmente, o processo de climatização da indústria automotiva denominada de Alfa Auto esta experimentando diversos tipos de falhas gerando reclamações dos clientes e comprometendo a qualidade dos seus carros e sua imagem.

Para tal situação, este trabalho identificou e analisou os defeitos ocorridos no processo de climatização no período entre Fevereiro e Outubro de 2009. Em seguida, durante o mesmo período de 2010 foi aplicado a metodologia FMEA para minimizar esses riscos de falhas potenciais, identificando assim ações de prevenção. O objetivo deste trabalho é comparar a quantidade de defeitos ocorrida em 2009 com a quantidade dos mesmos em 2010 que foram detectados e tratados antes pelo FMEA. Esta comparação mostrará a eficácia desta ferramenta da qualidade no processo de climatização gerando menor número de falhas e consequentemente maior satisfação dos clientes.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A EVOLUÇÃO DA QUALIDADE

A qualidade tem existido desde os tempos em que o artesão, sozinho, desempenhava todas as funções de uma organização em função das necessidades de sua família e seus clientes. Era uma produção personalizada.

Em seguida, com a Revolução Industrial, veio a produção em massa que produzia grandes volumes para um mercado pouco exigente. Segundo Juran (2000), a revolução industrial trouxe a mudança do sistema de produção artesanal para a produção industrial, na qual as tarefas foram divididas e cada operário executava com alta produtividade uma tarefa específica. Dessa forma, a qualidade ficava sob a responsabilidade de um supervisor.

De acordo com Fernandes (2005), com o aumento da produção começaram a surgir riscos de peças e materiais apresentarem defeitos ocasionando a perda da qualidade do

produto final. Portanto, nasce a necessidade de um inspetor de qualidade, já que os trabalhadores não tinham habilidades para tal inspeção.

Mas a qualidade como conhecemos hoje surgiu por causa da Segunda Guerra Mundial, quando os Estados Unidos despontam como uma grande potência econômica utilizando técnicas estatísticas de controle da qualidade, criadas por Walter Andrew Shewhart.

Esta fase, conforme citado por Campos (2005), ocorreu através do reconhecimento da variabilidade na indústria. Numa produção sempre ocorre uma variação de matéria-prima, operários, equipamentos etc. A questão não era distinguir a variação e sim como separar as variações aceitáveis daquelas que indicassem problemas. Surgiram também as sete ferramentas estatísticas básicas da qualidade utilizadas na produção: Folha de Verificação, Estratificação, Gráfico de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Histograma, Diagrama de Dispersão e Gráfico de Controle.

O próximo passo em relação à qualidade foi que ela passou de um método restrito para um mais amplo, o gerenciamento. Mas ainda continuou com seu objetivo principal de prevenir e atacar os problemas, apesar de os instrumentos se expandirem além da estatística, tais como: quantificação dos custos da qualidade, Controle de Qualidade Total (TQC), engenharia da confiabilidade e zero defeito.

Novas ferramentas também foram surgindo para garantir a qualidade do processo reduzindo os defeitos como o *Seis Sigma* e o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

## 2.2. FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS PARA O CONTROLE DA QUALIDADE

As ferramentas para o controle da qualidade são técnicas que definem, mensuram, analisam e propõem soluções para os problemas que interferem no bom desempenho dos processos, permitindo resolver um grande número de problemas de Controle da Qualidade. São sete as ferramentas da Qualidade as quais são muito úteis na identificação e solução de problemas na produção e manutenção em diversos tipos de empresas, a saber:

a) Folha de Verificação é uma ótima ferramenta, já que os dados são coletados e registrados de forma simples em um formulário de fácil entendimento e utilização.

b) Estratificação ferramenta que permite separar ou classificar um conjunto de dados em categorias ou grupos (estratos). Segundo Barbosa, este método pode ser usado para elevar a qualidade do produto pela redução da variação e melhoria da média do processo.

c) Gráfico de Pareto é uma forma especial de gráfico de barras verticais, desenhado em ordem decrescente de frequência, que ajuda a determinar quais problemas devem ser resolvidos prioritariamente. Se essas causas forem identificadas e eliminadas, quase todas as perdas também serão eliminadas.

d) Diagrama de Causa e Efeito é também conhecido como “Espinha de Peixe” ou “Diagrama de Ishikawa”. Segundo o SEBRAE (2008), o Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta muito utilizada, que mostra a relação entre um efeito e as possíveis causas que podem estar contribuindo para que ele ocorra. Para a utilização desta técnica é preciso conhecer o processo e o problema bem definido.

e) Histograma é um gráfico de colunas que representa a variação de uma medida e um grupo de dados através de uma distribuição de frequências. Seu principal uso é estimar a distribuição de uma característica na população através de amostras.

f) Diagrama de Dispersão é utilizado para identificar a relação entre duas variáveis, a influência de uma sobre a outra. Desta forma, possibilita buscar as causas que devem ser controladas e minimizadas.



g) Gráfico de Controle também conhecido como Carta de Controle, a ferramenta é utilizada para o monitoramento do processo para detectar e prevenir/evitar/reduzir/eliminar não conformidades, conforme citado pelo SEBRAE (2008). Através de limites de controle para comparação do resultado do processo com a especificação, gráfico de controle sinaliza quando o processo está fora de controle.

Como mostrado, as 7 Ferramentas da Qualidade são bastante úteis na análise e solução de problemas já existentes, empregando mais tempo solucionando os problemas e buscando as causas, do que fazendo grandes melhorias. Assim, “olham para o passado”, ou seja, para o que aconteceu.

A evolução do Controle da Qualidade tem sido na direção de redução da variabilidade de processos e na antecipação/prevenção da ocorrência de problemas. Assim, novas ferramentas foram criadas objetivando a redução da variabilidade e a prevenção de falhas para o Controle da Qualidade. Algumas das novas ferramentas criadas foram:

a) Brainstorming - conhecido também como “Tempestades de ideias”, é uma técnica que consiste em um grupo de pessoas expondo ideias, gerando soluções criativas e inovadoras para os problemas. É interessante que no grupo existam pessoas com fortes conhecimentos na área de atuação do problema em questão.

b) Seis Sigma - segundo Siqueira (1999), Seis Sigma é uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços. O termo “sigma” mede a capacidade do processo em trabalhar livre de falhas (3,4 falhas por milhão PPM ou 99,999966% de perfeição). O Seis Sigma utiliza-se de ferramentas e métodos estatísticos para definir os problemas e situações de melhoria, através de redução da variabilidade com o objetivo de diminuir custos, reduzir desperdícios com foco no cliente.

c) Confiabilidade – hoje, os consumidores estão muito mais exigentes. O que levam as empresas aumentarem a confiabilidade de seus produtos ou serviços reduzindo falhas no processo. Para Slack (2002), a confiabilidade significa fazer as coisas em tempo para os consumidores receberem seus bens e serviços prometidos. Os consumidores só podem julgar a confiabilidade de uma operação após o produto ou serviço ter sido entregue. Para Juran (1991) a confiabilidade, uma das dimensões da qualidade, pode ser entendida como a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições estipuladas durante um determinado período de tempo, ou seja, sem falhas.

d) FMEA - A ferramenta mais utilizada para prever uma possível ocorrência de falhas buscando aumentar a confiabilidade dos produtos ou processo, é a Análise do Modo e Efeitos de Falha Potencial, ou FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

### 2.3 FMEA (*FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS*)

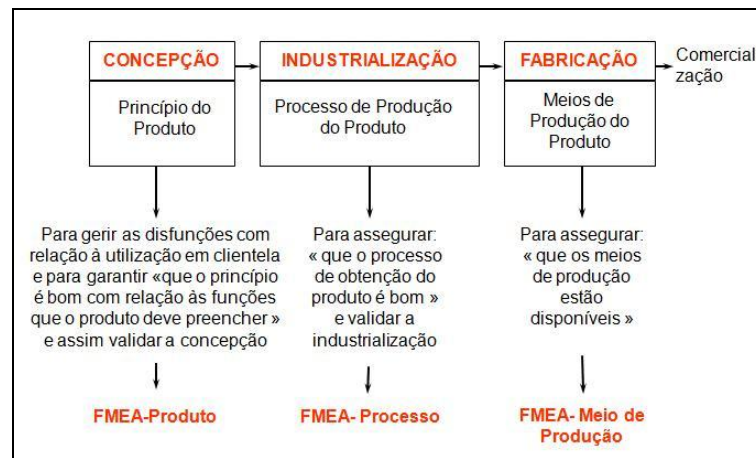
Segundo o Manual de Referência (2008), FMEA é uma metodologia analítica utilizada para assegurar que os problemas potenciais tenham sido considerados e abordados, ao longo de todo processo de desenvolvimento de produtos e processos (APQP – Planejamento Avançado da Qualidade do Produto). O seu resultado mais visível é a documentação de conhecimento coletivo das equipes multifuncionais.

O FMEA é um método qualitativo que contribui para a melhoria da confiabilidade, manutenção, disponibilidade, segurança de um produto, processo e meio de produção. E permite a tomada de ação antes do problema e não após, aumentando a chance de solução do problema em menos tempo do que as ferramentas da qualidade que focam no problema já existente.

Para um bom resultado na utilização do FMEA é preciso: identificar os tipos de falha possíveis; descrever os efeitos, as causas de cada modo de falha, e os controles; calcular o risco para cada falha, o grau de severidade e a probabilidade de detecção; recomendar ações corretivas para as causas de falhas apontadas; reavaliar o índice de risco; e a análise deve ser desenvolvida passo a passo.

Este método busca a prevenção ao invés de detecção, redução de falhas no desenvolvimento, na produção e utilização do produto e, principalmente, reduzir tempo e custo no desenvolvimento de produtos.

O FMEA deve ser utilizado em todas as etapas de projeto e construção de um determinado produto ou sistema (projeto, produção, experimentação, equipamentos e utilização).



**Figura 1:** FMEA no ciclo de vida de um produto. Fonte: Alfa Auto

Para a execução de um FMEA é preciso definir o escopo, o formato e a equipe, a saber:

a) Escopo: Para iniciar a análise, os seguintes itens devem auxiliar a equipe: planos, esquemas de montagem, nomenclaturas; funções do produto / FMEA de Produto; normas, regulamentações em vigor; histórico de qualidade de produtos similares; descrição do fluxo de produção; descrição do ambiente da fabricação e quantidades previstas em produção.

b) Formato: Definir o FMEA de acordo com o objetivo a ser alcançado: FMEA Produto: Foco no zero defeito; FMEA Processo: Foco no zero não conformidade; FMEA Meio de Produção: Foco no zero pane.

c) Equipe: Uma boa equipe deve ter: competências técnicas suficientes; poder de decisão suficiente para garantir que as ações decididas serão praticadas e ser uma equipe multidisciplinar.

O FMEA de Processo Segundo Stamatis (2003), FMEA de Processo é utilizado para avaliar falhas em processos antes da sua liberação para a produção em série, mas deve ser revisado durante toda a vida útil do produto. Ele foca nas falhas potenciais do processo em relação ao cumprimento dos objetivos definidos para cada uma de suas características e está diretamente ligada à capacidade do processo em cumprir os objetivos definidos para o mesmo.

O FMEA de processo define necessidade de alterações no processo, estabelece prioridades para as ações de melhoria, auxilia na execução do plano de controle do processo e na análise dos processos de manufatura e montagem.



O formulário do FMEA de Processo consiste em uma análise quantitativa e qualitativa dos defeitos e ações corretivas. Deve ser preenchido pela equipe multidisciplinar, obedecendo aos critérios de clareza e objetividade.

FMEA - ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA																	
Aplicável para PROCESSO																	
Processo:		Nº Projeto:			Elaborado por:			Página									
Veículo/Linha:		Nº REFUNIC:			Data de criação:												
Peça:		Responsável:			Data de revisão:												
Equipe:																	
Nº	Etapa do Processo	Potencial Modo de Falha (Defeito)	Potencial Efeito de Falha	Gravidade	Causas Potenciais / Mecanismo de Falhas	Frequência	Controle Atual do Processo		Ações Recomendadas	Responsável e Prazo		Ações Tomadas	Nova Gravidade	Nova Frequência	Nova Não-Detecção	Nova Criticidade	
							Prevenção	Deteção		Não-deteção	Criticidade						Criticidade limite

Legenda:

- Análise Quantitativa
- Solução Proposta
- Análise Qualitativa
- Eficácia Esperada

Figura 2: FMEA Processo - Grade de Análise Fonte: Alfa Auto (adaptado pelos autores)

Os principais passos para elaboração da análise qualitativa do FMEA são os seguintes:

a) Identificar as etapas do processo - Nesta etapa são listadas as não conformidades encontradas no processo analisado.

b) Identificar modos de falha conhecidos e potenciais - Identificadas as não conformidades, devem-se determinar quais os defeitos no produto que podem ser gerados nas respectivas operações. Na maioria das vezes, a técnica utilizada é o *Brainstorming*.

c) Identificar os efeitos de cada modo de falha - Através do conhecimento teórico ou prático, são identificados os efeitos que cada falha causará ao cliente interno, bem como final ao usuário final. Podem ter vários efeitos possíveis para uma falha.

d) Identificar as causas possíveis para cada modo de falha - Utilizando técnicas de *Brainstorming* e Diagrama de Ishikawa, as possíveis causas são definidas e, também, podem ter várias para uma falha.

e) Identificar o meio de prevenção e detecção - Após identificar as possíveis causas, defini-se o monitoramento do processo para prevenir e detectar o defeito no produto ou a causa do defeito no processo.

A análise quantitativa do FMEA tem cinco etapas e todas elas possuem uma tabela de cotação que varia para cada empresa.

a) Gravidade - Para definir o número da gravidade, a seguinte pergunta deve ser feita: Qual é o impacto do defeito (falha) no cliente? A resposta é dada de acordo com uma escala que vai de 1 a 10. Sendo 1 - um impacto baixíssimo no cliente e 10 - um impacto alto que afeta a segurança do cliente, tanto interno quanto final.

b) Frequência - A frequência é dada pela probabilidade de ocorrer o defeito.

c) Não Detecção - Este campo indica a probabilidade de não detectar o defeito com o plano de monitoramento recomendado. Sendo 1 para uma probabilidade muito pequena de não detectar e 10 para uma probabilidade elevada de não detectar.

Por exemplo, a não detecção poderá ser classificada como 1 quando existir um sistema *poka-yoke*. Que é um dispositivo barato para prevenir erros de falta de atenção dos operadores, que são transformados em defeitos.

Segundo Rodrigues (2010), os sistemas *poka-yoke* permitem que seja atingido o zero defeito e eliminada a inspeção após a produção. Ao mesmo tempo em que o *poka-yoke* melhora a qualidade, também previne as falhas que podem levar a quebras ou a outros tipos de problemas com os equipamentos.

d) Criticidade - Conhecida como Número de Prioridade de Risco (NPR) pelo Manual de Referência do FMEA (2008), a criticidade é o resultado da multiplicação entre a Gravidade (G), Frequência (F) e Não detecção (D).

$$NPR = G \times F \times D \quad (1)$$

e) Criticidade Limite - A criticidade limite é um limite atribuído pela empresa de acordo com a gravidade. Se a criticidade for maior que o limite, há necessidade de determinar uma ação. Mas de acordo com o Manual de Referência do FMEA (2008), o uso de um valor limite não é uma prática recomendada para determinar a necessidade de uma ação.

Após definir modo de falha, efeitos, causas, controles e priorizar os riscos, devem ser definidas as medidas corretivas para redução ou eliminação das falhas.

Conforme a orientação do Manual de Referência do FMEA (2008), quando a gravidade for 9 ou 10 o risco deve ser tratado através de ações recomendadas ou controles de projeto já existentes. Toda ação deve reduzir a gravidade, ocorrência ou a não detecção e ter o responsável e um prazo para ser cumprida.

Antes das ações corretivas serem efetuadas, deve-se fazer uma estimativa da situação futura para gravidade, ocorrência, não detecção e para a criticidade.

### 3. ESTUDO DE CASO

#### 3.1 A EMPRESA

A empresa estudada, denominada de Alfa Auto, é um grupo de grande porte, que atua no setor automobilístico a nível mundial, o grupo nasceu por meio da fusão de duas marcas, ambas com dinamismo, ambição de crescimento e identidade própria.

Os objetivos de crescimento do Grupo são divididos de quatro formas: qualidade, redução de custos, produto inovador e internacionalidade e tem como política o crescimento, fundamentado na melhoria contínua do seu processo e de seus produtos, e no desenvolvimento internacional.

Com a estratégia de possuir uma vasta gama de veículos, a Alfa Auto busca atingir os mais variados clientes com produtos modernos, seguros e bonitos, consolidando-se ainda mais no mercado.

A fábrica localizada no Brasil onde são produzidos modelos de veículos e tipos de motores para o mercado interno, além do motor *diesel* exportado.

A fábrica de montagem de veículos possui duas linhas de produção. Estas são polivalentes, ou seja, permite a produção de vários modelos das duas marcas em uma mesma linha.

Seguindo suas estratégias de desenvolvimento, a empresa investe maciçamente em inovação, concepção e produção, tendo em vista, atender o mercado global na crescente satisfação de seus clientes, de forma que seus produtos sejam sempre sinônimos de progresso e sucesso em qualquer lugar do planeta. Assim, a empresa tem como meta prosseguir com crescimento no mercado nacional e manter essa mesma dinâmica no mercado mundial.

### 3.2 O PROCESSO

O processo de climatização ocorre nas linhas 1 e 2 de montagem, no entanto o presente trabalho tratará somente o processo na linha 1.

A linha 1 de montagem tem o formato em duplo “U”. Este formato gera a existência de 4 “braços” principais, que recebem os nomes de Guarnição de Carroceria (L1 e L2) e Montagem de Veículo (L3 e L4), 4 “braços” secundários denominados Preparação Portas (PP), Preparação Motor (PM), Órgão Mecânico (OM) e Preparação Painel (PB) e também possui diversas células de preparação e cadenciamento fora da linha.

A união entre os “braços” principais, denominado “pulmão”, caracteriza-se pela ausência de operação, é apenas uma ligação que leva o veículo de um “braço” ao outro.

O processo de climatização ocorre em 8 postos de trabalhos difundidos pela linha 1 de montagem.

O processo de climatização de uma indústria automobilística é um processo suscetível a falhas.

Observou-se que ao longo do ano de 2009 houve um aumento na insatisfação dos clientes da Alfa Auto em relação ao sistema de ar condicionado dos seus veículos. Levando isso em consideração uma equipe foi reunida para identificar, analisar e solucionar os defeitos mais frequentes.

Após detectar as falhas do processo elaborou-se o FMEA com o objetivo de reduzir as chances de ocorrer novas ou a reincidência das falhas e em seguida foi implementado durante o ano de 2010.

#### 3.2.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

No ano de 2009 a empresa Alfa Auto recebeu um número significativo de reclamações sobre o ar condicionado, ocasionando a formação de uma equipe bem estruturada para analisar as causas das reclamações.

As reclamações mais representativas foram as seguintes:

“Percebi o problema com o ar condicionado umas 3 semanas depois de pegar o veículo. O funcionamento estava intermitente, com o veículo ligado. Na oficina foi feita uma recarga de gás.” (Relato do cliente A)

“O ar condicionado está funcionando, e de repente parece que diminui a ventilação, e depois volta a funcionar normalmente. Ocorre com o veículo ligado, em baixa velocidade. Percebi utilizando o ar condicionado, que ele está gelando, e ele pára de gelar um pouco, e depois volta a funcionar novamente. Percebi isto umas 10 vezes. Ocorre na temperatura número 3 do ar.” (Relato do cliente B)

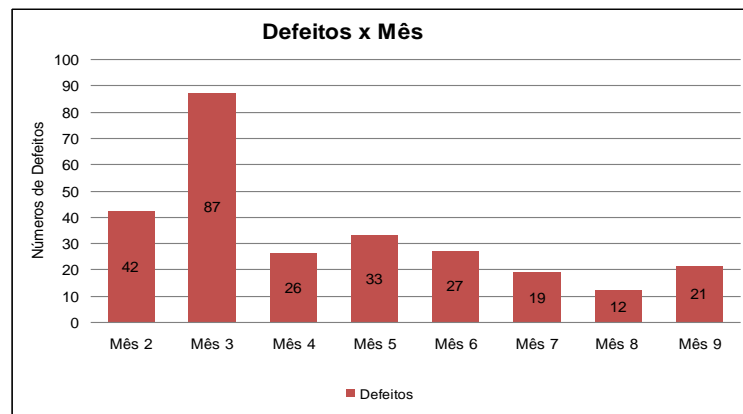
“Faz pouco tempo que eu percebi que na hora que está calor, o ar condicionado demora muito para gelar. Isso não acontecia no começo. No início ele gelava mais rápido que agora. Acontece com o carro ligado.” (Relato do cliente C)





### 3.2.2 DETALHE DA SITUAÇÃO

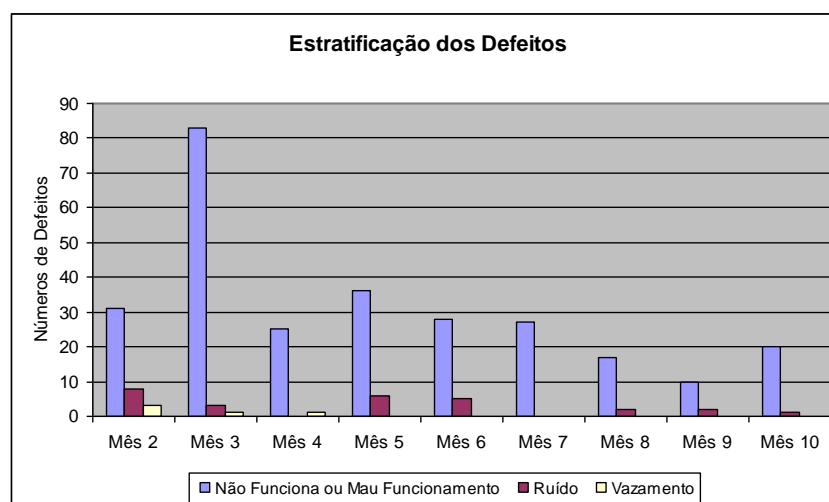
A fim de identificar os fatores chaves do processo de climatização que causaram as reclamações, foi elaborado um gráfico mostrando a evolução dos defeitos por veículos terminados detectados no final do processo de montagem, durante o período de Fevereiro a Outubro de 2009.



**Figura 3:** Principais Defeitos de Climatização dos Veículos Terminados em 2009. Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando a Figura 3, não se consegue identificar o principal defeito. Então há a necessidade de estratificar os defeitos mais significativos por mês que são: não ou mau funcionamento do ar condicionado, ruído e vazamento.

Alguns defeitos podem ter uma mesma causa. Por exemplo, os defeitos mau funcionamento e o não funcionamento estão sendo tratados como apenas um tipo com base em um levantamento histórico que mostrou que as causas de falhas eram idênticas.



**Figura 4:** Estratificação dos Defeitos de Climatização em 2009. Fonte: Elaborado pelos autores

Observando a Figura 4, conclui-se que o defeito principal é o não ou mau funcionamento do ar condicionado. Identificado o problema de maior ocorrência, fica mais fácil tratá-lo.

Com o histórico das falhas obtido no período de 2009 já se dispõe dos dados necessários para a elaboração do FMEA para que estas ou outras falhas não mais ocorram durante o processo.

### 3.2.3 ELABORAÇÃO DO FMEA

Para elaboração do FMEA é necessária a definição das etapas do processo de climatização. A partir das etapas levantadas os itens (modos, efeitos, gravidade, causas, frequência, não detecção e criticidade) são definidos para cada função identificada.

Cada etapa do processo foi estudada detalhadamente e a aplicação do FMEA foi implementada para todas as etapas do processo, de acordo com o fluxograma de climatização apresentado na Figura 5. Sendo assim, as etapas são as seguintes:

- 1 - Fixação do suporte do compressor
- 2 - Montagem e fixação do compressor
- 3 - Conexão chicote motor / compressor
- 4 - Fixação do grupo climatizador / painel
- 5 - Montagem comando de climatização base / automático
- 6 - Posicionar condensador / fachada dianteira
- 7 - Ligar tubo alta pressão condensador
- 8 - Montagem do pressostato / tubo de refrigeração
- 9 - Montagens dos tubos de refrigeração / tablier
- 10 - Montagem da passagem do tubo de evacuação da água de refrigeração
- 11 - Fixação do tubo refrigeração / saída do desidratador
- 12 - Fixação do tubo refrigeração / compressor
- 13 - Fixação do tubo compressor / condensador
- 14 - Ligação do pressostato
- 15 - Enchimento com a máquina FRIGO

Na fase de Potencial do Modo de Falha, para cada etapa citada foi identificado uma possível falha durante o desempenho da mesma.

Função	Modo de Falha	Função	Modo de Falha
Fixação suporte compressor	Suporte solto	Mtg pressostato / tubo refri	Pressostato solto
Mtg e Fixação compressor	Compressor solto	Mtg tubo refri / tablier	Danificar vedações
Conexão chicote motor / compressor	Chicote não conectado	Mtg passagem tubo evacuação água refrigeração	Tubo solto
Fix grupo clima / painel	Grupo climatizador solto	Fix tubo refri / saída desidratador	Tubo solto
Mtg comando climatização base / automático	Comando solto	Fix tubo refri / compressor	Tubo solto
Posic condensador / fachada diant	Condensador solto	Fix tubo compressor / condensador	Tubo solto
Ligar tubo AP condensador	Tubo solto	Ligação pressostato	Termostato mal ligado
		Enchimento com a maq FRIGOFRANCE	Conexão solta

**Figura 5:** Modo de Falha do Processo de Climatização. Fonte: Alfa Auto

Depois de identificados os modos de falhas, de acordo com cada função, foi possível identificar os outros parâmetros que tem uma relação de causa e efeito com o modo de falha. Para cada modo de falha pode existir mais que um efeito de falha.

Em seguida são identificados os controles de prevenção e detecção do processo, a probabilidade de não detectar o modo de falha seguindo os controles, a criticidade e a criticidade limite.

Por fim a definição das ações recomendadas, tomadas e da eficácias esperadas, como nenhuma das etapas do processo obteve uma criticidade acima da criticidade limite, ou segundo o Manual de Referência do FMEA (2008) uma gravidade de valor 9 ou 10, não houve necessidade de determinar ações e estimar uma situação futura para a gravidade, frequência, não-deteção e criticidade.

A ocorrência de falhas no processo de climatização não afeta a segurança do cliente final, por isso, a gravidade não obteve um valor elevado (valor máximo de gravidade alcançado = 6).

#### 4. RESULTADO

A proposta apresentada para este trabalho foi de mostrar, através do confronto dos defeitos detectados no processo de climatização entre os anos de 2009 e 2010, a eficácia da implementação do FMEA no processo.

Após a elaboração e aplicação do FMEA novamente foram coletados dados referentes aos defeitos de climatização dos veículos terminados durante o período de Fevereiro a Outubro de 2010.

Observa-se que houve uma redução significativa dos defeitos no período considerado, confrontando os defeitos de 2009 com os de 2010.

**Tabela 1:** Confronto entre os defeitos de 2009 e 2010

Número de Defeitos				
Defeitos Ano	Não Funciona ou Mau Funcionamento	Ruído	Vazamento	Total
2009	401	57	9	467
2010	277	27	5	309
Redução	124	30	4	158
%	31%	53%	44%	34%

Fonte: Elaborado pelos autores

Com os dados apresentados na Tabela 1, observa-se uma redução total de 34% dos defeitos após a implementação do FMEA. Para o principal defeito (mau ou não funcionamento) houve uma redução de 31%, pouco menor em relação aos outros defeitos, porém ainda assim uma redução expressiva para o processo. A redução mais importante foi observada para o defeito ruído (53%).

#### 5. CONCLUSÃO

Através dos resultados analisados no capítulo anterior constatou-se a eficácia da ferramenta de qualidade FMEA de processo, quando aplicada adequadamente. . A aplicação da ferramenta mostrou-se valiosa na redução significativa de defeitos no Setor de Climatização da Indústria Alfa Auto (- 34%). Espera-se que o uso continuado e aperfeiçoado da FMEA de processo permitirá no futuro alcançar a zero não conformidade/defeito e melhorar a confiabilidade do processo.

Para manter a eficácia da ferramenta é importante revisar o FMEA durante toda a vida útil do produto e assegurar que está sendo corretamente praticada.

## **6. REFERÊNCIAS**

**BARBOSA, E.** Gerência de Qualidade Total na Educação. UFMG, Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Acesso em 02 de Outubro de 2010, disponível em [http://www.ufsm.br/ceq/arquivos/fonte\\_www.lgti.ufsc.br.pdf](http://www.ufsm.br/ceq/arquivos/fonte_www.lgti.ufsc.br.pdf).

**CAMPOS, W.** Evolução da Qualidade. 2005. Acesso em 02 de Outubro de 2010, disponível em Administradores: <http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/evolucao-da-qualidade/11538/>

**FERNADES, J.** Proposição de Abordagem Integrada de Métodos da Qualidade Baseada no FMEA. 2005. Acesso em 02 de Outubro de 2010, disponível em <http://www.produtonica.pucpr.br/sip/conteudo/dissertacoes/pdf/JoseFernandes.pdf>

**JURAN, J. M.** Manual de Controle da Qualidade - Ciclo dos Produtos: do Projeto à Produção. McGraw-Hill. 1991.

**JURAN, J. M.** Juran's Quality Handbook. McGraw-Hill. 2000.

**Manual de Referência - Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA).** Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation. Editado pelo Instituto da Qualidade Automotiva (IQA). 2008.

**RODRIGUES, H.** Poka - Yoke. 2010. Acesso em 06 de Novembro de 2010, disponível em <http://qualidadeonline.wordpress.com/2010/02/01/poka-yoke/>

**SEBRAE** Manual de Ferramentas da Qualidade. 2008.

**SIQUEIRA, M.** Seis Sigma - Qualidade com Lucratividade. 1999. Acesso em 21 de Outubro de 2010, disponível em <http://www.siqueiracampos.com/pdf/b5.pdf>

**SLACK, N.** Administração da Produção. Atlas. 2002.

**STAMATIS, D.** Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution. ASQC, Milwaukee: Quality Press. 2003.