

N. CLASS.	M 620.1
CUTTER	A 6595
ANO/EDIÇÃO	2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA MECÂNICA

DENIS CAIXETA ARAUJO

**SISTEMAS DE VEDAÇÃO AUTOMOTIVA: variação na carga de compressão
apresentada na guarnição de porta malas em EPDM**

**Varginha
2014**

DENIS CAIXETA ARAUJO

**SISTEMAS DE VEDAÇÃO AUTOMOTIVA: variação na carga de compressão
apresentada na guarnição de porta malas em EPDM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro
Universitário do Sul de Minas para obtenção de grau de
bacharel em Engenharia Mecânica sob a orientação do
Prof. Me. Luís Carlos Vieira Guedes.

**Varginha
2014**

Grupo Educacional UNIS

DENIS CAIXETA ARAUJO

**SISTEMAS DE VEDAÇÃO AUTOMOTIVA: variação na carga de compressão
apresentada na guarnição de porta malas em EPDM**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS:

Dedico este trabalho a senhora Honória Maria, senhor Rubens, e também minha esposa Larissa, minha irmã Bernadete, meu irmão Ricardo e a todos familiares que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS em primeiro lugar, a senhora Honória Maria, senhor Rubens, e também minha esposa Larissa, minha irmã Bernadete, meu irmão Ricardo e a todos familiares que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

Atualmente a constante busca por novas tecnologias para materiais e processos que aperfeiçoem o peso e a *performance* dos componentes dos automóveis tem sido o grande desafio das engenharias nos mais variados segmentos e empresas mundo a fora. O estudo que será apresentado a seguir está diretamente ligado à engenharia de materiais e de processos, e relata um problema real ocorrido na linha de produção de uma multinacional americana fornecedora de vedações de borracha e vedações plásticas com variadas aplicações nos automóveis. A necessidade do envolvimento de diversas áreas ligadas à engenharia sobressaindo as de materiais e processos foi fundamental para escolha do tema, visto que hoje é necessário um forte grupo multifuncional para resolução de qualquer problema encontrado nos produtos ou para sugestão de melhorias em materiais, processos, ferramentais, etc. O estudo busca apresentar a solução para o problema relacionado à variação na carga de compressão encontrado na linha de produção do cliente FIAT durante os testes de montagem, conseguindo com isso eliminar a infiltração de água no veículo por conta desta não conformidade e conseguir minimizar o nível de refugo de peças que apresentam esta variação e conseqüentemente as reclamações feitas pelo cliente. Os estudos foram feitos utilizando as instalações da *Cooper Standard Automotive*, através de testes de laboratório e análise do processo de fabricação dos compostos. Ao final do trabalho os resultados foram satisfatórios, pois a substituição do composto possibilitou a eliminação do problema e houve uma evolução satisfatória no processo de aprovação do item.

Palavras-chave: Automóvel. Guarnição de porta malas. Força de compressão.

ABSTRACT

The constant search for new technologies, materials and processes, which improves the weight and the performance of automotive components, has been a huge engineering challenge in several sectors and companies worldwide. The following study is totally connected to process and material engineering, besides that, reports a real problem occurred in the production line of an American multinational supplier of rubber and plastic seals with varied automotive applications. The necessity of the involvement of several areas tightly connected with engineering, highlighting the materials and the processes one was essential to choose the theme. Since today, it is required a strong multi-functional group to solve any problems found in the products or improvement suggestions in materials, processes, tooling, etc. The study aims to present the solution to the problem related to the variation in compression load that was found in the FIAT customer's production line during assembly tests. It was done to eliminate the water infiltration into the vehicle due this non-compliance and be able to minimize the level of scrap pieces which have this variation and consequently to minimize the customer complaints. The studies have been done using the facilities of Cooper Standard Automotive through laboratory tests and analysis of the manufacturing process of the compounds. In the end of the work the results were satisfactory because the substitution of the compound enabled the elimination of the problem and there was satisfactory evolution in the item approval process. Although this process has not completed yet, due to problems in the dimensional control gauge.

Keywords: *Automobile, Door trims, Compression force.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 ANÁLISE TÉCNICA DO COMPORTAMENTO DE VEDAÇÕES DE PORTA MALAS EM RELAÇÃO À CARGA DE COMPRESSÃO	11
2.1 Análise da auditoria do produto	12
2.2 Análise do material utilizado no lote rejeitado	15
3 METODOLOGIA E MATERIAIS.....	16
3.1 Projetor de perfil	16
3.2 Dinamômetro	16
3.3 Dispositivos de laboratório	17
4 HIPÓTESES LEVANTADAS NO DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	18
4.1 Materiais.....	18
4.2 Medição	20
4.3 Equipamento	21
4.4 Pessoal.....	21
4.5 Processo produtivo	21
5 RESULTADOS OBTIDOS.....	22
5.1 Análise do problema.....	22
6 AÇÕES DE SOLUÇÃO	24
7 CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

Desde o nascimento do automóvel, nasce também uma necessidade de buscar sempre a otimização desta nova ferramenta, que a princípio atingia uma minoria favorecida financeiramente, mas que hoje está ao alcance de praticamente todas as pessoas e em todos os lugares, e atualmente não imaginamos o mundo sem a utilização desta máquina. Seguindo a idéia central apontada, o estudo que segue irá abordar uma situação atípica encontrada durante o processo de fabricação de guarnições de porta em borracha EPDM, relacionada a variação da carga de compressão neste item, esta situação coloca a prova a capacidade de executar a engenharia frente a uma adversidade cotidiana, como citado anteriormente este estudo especificamente estudará a variação da carga de compressão nas guarnições de porta em borracha EPDM, itens responsáveis por realizar a vedação do interior dos veículos frente a intempéries como água, poeira, vento, etc. O surgimento de itens que apresentam esta variação cria uma série de transtornos principalmente em relação a quantidade de peças refugadas e os problemas durante o fechamento das portas, este segundo já na linha de produção da montadora.

O foco do estudo é atingir a causa raiz do problema que está gerando a variação na carga de compressão eliminando os problemas de infiltração de água no interior do veículo e consequente redução no índice de refugo gerado por este problema.

Utilizando o auxílio dos departamentos das engenharias de materiais, produto e mixing, serão realizadas análises no material desde a fórmula, método de realização dos testes, para que o problema relatado durante os testes em cabine de água realizados na planta da FIAT Automóveis sejam eliminado e que na planta sediada na cidade de Varginha-MG sejam atingidos os valores padrões de porcentagem de refugo e satisfação do cliente.

A possibilidade do estudo em proporcionar a reunião em um único problema vários departamentos de engenharia foi determinante na escolha do tema, pois o contato com todos os departamentos proporciona ao profissional a abertura de um grande leque de opções de carreira e caminhos a seguir.

2 ANÁLISE TÉCNICA DO COMPORTAMENTO DE VEDAÇÕES DE PORTA MALAS EM RELAÇÃO À CARGA DE COMPRESSÃO

O estudo apresentado a seguir, desenvolveu-se frente a um problema encontrado na linha de produção de uma montadora de automóveis, líder de mercado no Brasil há 12 anos, a FIAT Automóveis.

Durante os testes funcionais realizados nos veículos do programa “326 Novo Pálio”, mais especificamente na cabine de prova d’água, um problema foi relatado relacionado ao comportamento das guarnições de porta malas, onde foi verificada a infiltração de água dentro deste compartimento, por se tratar de uma fase de testes o lote de peças entregues ao cliente foi rejeitado.

Segundo, SENAI (1997) “vedação é o componente utilizado para impedir a passagem de maneira, estática ou dinâmica, de líquidos, gases ou sólidos particulados (pó) de um meio externo para outro”.

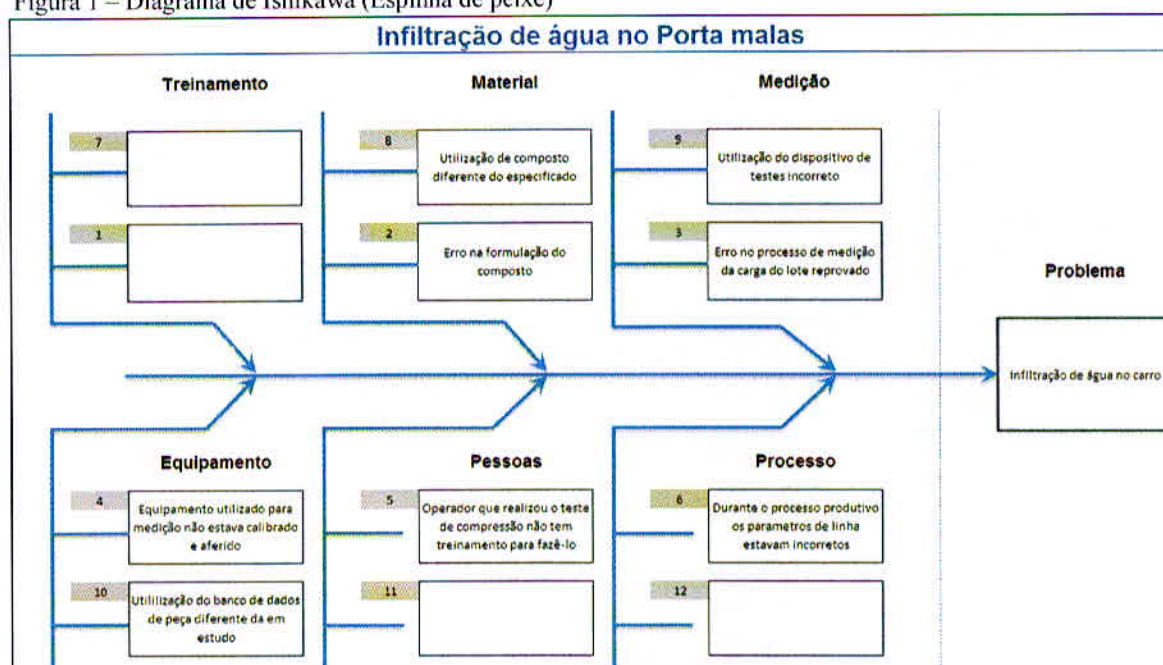
Tal situação gerou uma reclamação oficial do cliente, obrigando o fornecedor a varrer todo o processo produtivo deste componente para levantar as prováveis causas do aparecimento de uma variação ou não conformidade que possa estar ligada ao fato relatado anteriormente, além do que, com a rejeição do lote houve uma perda financeira considerável, pois se trata de um produto que não pode ser reciclado ou reaproveitado.

Com o auxílio de uma ferramenta bastante conhecida da qualidade, o Diagrama de Ishikawa (Fig.1), foram levantadas as causas potenciais do surgimento da infiltração de água no porta malas.

O Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta gráfica utilizada pela Administração para o gerenciamento e o Controle da Qualidade em diversos processos, e também é conhecido como "Diagrama de Causa e Efeito", "Diagrama Espinha-de-peixe" ou "Diagrama 6M". O Diagrama foi originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa, no ano de 1943, e foi aperfeiçoado nos anos seguintes. Na sua estrutura, os problemas são classificados em seis tipos diferentes: método, matéria-prima, mão-de-obra, máquinas, medição e meio ambiente. Esse sistema permite estruturar hierarquicamente as causas potenciais de um determinado problema ou também uma oportunidade de melhoria, assim como seus efeitos sobre a qualidade dos produtos. (SIGNIFICADOS, 2014).

Frente ao problema relatado, inicia-se uma busca em todo processo produtivo do item para identificação da causa raiz do problema, que será abordada conforme abaixo nas subseções que seguem.

Figura 1 – Diagrama de Ishikawa (Espinha de peixe)



Fonte: O Autor, 2014

2.1 Análise da auditoria do produto

Todo lote de peças produzidas na empresa passa por uma auditoria de produto em intervalos de tempo pré-determinados, onde testes tidos como essenciais alinhados entre cliente e fornecedor são realizados para que, de uma maneira geral, se tenha fundamentação técnica que garanta a confiabilidade do item que está sendo produzido. Aqui serão apresentados os dois principais testes solicitados que são relacionados à carga de compressão de um perfil, os demais não possuem nenhuma relação com o foco deste estudo.

Primeiramente temos a análise da projeção do perfil, esta é realizada no início da produção (fase onde ainda está sendo realizado o ajuste do item em máquina) em intervalos de 30 minutos, para que, caso o item esteja fora dos padrões especificados em desenho não se tenha uma grande quantidade de refugo, e após o perfil ajustado em máquina esta análise passa para um intervalo de 3 horas.

O segundo ponto e tão importante quanto o primeiro é a medição da carga de compressão, como o processo de extrusão de borracha é muito sensível a pequenas variações este teste tem uma frequência maior que o anteriormente citado, sendo realizado a cada 1 hora produtiva e em caso de variações maiores do que o solicitado em desenho, a produção desta hora é rejeitada.

A projeção do perfil é feita por um operador padrão, chamado de “cabeça de linha” que a cada 30 minutos recolhe uma peça, extrai uma seção de 20 a 30 mm com auxílio de uma serra conhecida como “serra fio de cabelo” e um guia de perfil igual ao que está em produção para que não haja um corte irregular e a análise não seja prejudicada por este motivo. De posse da seção do perfil, o mesmo vai até a cabine de luz (Fig.2), onde se encontra o projetor de perfil no qual é realizada a projeção sobre o desenho padrão emitido pelo CAD segundo KERRY, H. T., 1997 CAD “é sigla para a expressão inglesa *Computer Aided Design*, que traduz-se por desenho por auxílio de Computador. Designa programas de computador para facilitar a tarefa de realização de desenhos técnicos e projetos, tais como projetos de máquinas, peças, circuitos eletrônicos e ferramentas” desenho que conta com todas as tolerâncias permitidas e indicação dos pontos de referencia para esta projeção. Caso a projeção mostre uma divergência acima do permitido em desenho a produção deste intervalo está rejeitada e parte para um reajuste de parâmetros de linha para ajustar o perfil ao desenho, caso contrário ele anexa o “batoque” em um pasta de controle de produção e libera o lote de peças.

Nesta análise das projeções feitas no lote do perfil não temos nenhuma evidencia de alterações além do permitido, ou seja, o item estava segundo este teste aprovado e pronto para ser entregue ao processo produtivo seguinte.

Figura 2 – Cabine de luz com projetor, mylar e seções de perfis estudadas durante a produção



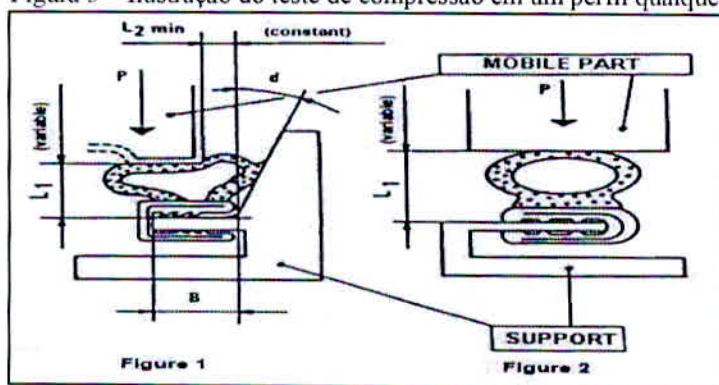
Fonte: O Autor, 2014

Como relatado anteriormente, o item em questão estava dentro do desenho, fazendo com que esta possibilidade fosse descartada e assim partíssemos para a próxima análise que foi realizada no ponto de inspeção (local este equipado com os dispositivos necessários para realização dos testes funcionais das peças, que neste caso em virtude do problema que originou o estudo que se apresenta, é relacionado ao controle da carga de compressão).

O teste de compressão (Fig.3), consiste em determinar a força contrária exercida durante o fechamento da Guarnição de porta malas, pois como temos na 3ª Lei de Newton (MECÂNICA – USP, 2007) “para toda força que surgir num corpo como resultado da interação com um segundo corpo, deve surgir nesse segundo uma outra força, chamada de reação, cuja intensidade e direção são as mesmas da primeira, mas cujo sentido é o oposto da primeira”. Neste caso a ação é o fechamento da tampa do porta malas sobre a guarnição, e a reação é a força de compressão devolvida pelo bulbo a tampa do porta malas.

Para realização deste teste no local informado acima, utiliza-se um dinamômetro devidamente calibrado e aferido por uma empresa terceirizada certificadora, com a colocação do perfil em um bloco de aço usinado de maneira a simular carroceria do automóvel, posicionar um perfil com 100 mm (segundo norma FIAT 9.03119/01,1985) no mesmo, na sequencia este então é posicionado no dinamômetro que possui ligação em rede de computador a um programa que tem através de sua base de dados carrega as informações referentes às alturas e forças que são permissíveis em desenho para cada produto. E após o final do teste é gerado um relatório que aponta as alturas em que se foi medido a carga e qual o valor mínimo, nominal e máximo.

Figura 3 – Ilustração do teste de compressão em um perfil qualquer



Fonte: (norma FIAT 9.03119/01, 1985)

Para o perfil em estudo temos as seguintes especificações:

- altura 1: 11,5 mm (5,0 a 9,0 N)
- nominal: 13,0 mm (7,0 a 11,0 N)
- altura 2: 14,5 mm (10,5 a 14,5 N)

Durante a análise dos relatórios foi verificado uma constante tendência da carga medida na terceira altura (perfil completamente comprimido) abaixo do mínimo especificado em desenho, assim já se pode destacar esta ocorrência como uma das prováveis causas do aparecimento de peças fora do especificado na linha de produção do cliente.

A questão é então: qual o motivador para o surgimento desta ocorrência de carga de compressão baixa?

Buscando responder ao questionamento acima, se faz necessário mais algumas análises.

2.2 Análise do material utilizado no lote rejeitado

Os perfis estudados são compostos de materiais a base de EPDM, neste caso em duas composições denso e esponja, além do inserto metálico na base do perfil.

Uma vez que a vulcanização da borracha de EPM com peróxido, a única possível, apresenta algumas desvantagens, foi desenvolvida a reação do etileno-propileno com um dieno para ser possível a vulcanização com enxofre e aceleradores convencionais. O produto da polimerização assim obtido é, como já referido, o EPDM, terpolímero composto por três unidades de monómeros: etileno, propileno e dieno. Nos terpolímeros, usualmente referidos como borracha de "EPDM", as letras "E", "P" e "M" têm o mesmo significado que anteriormente referido, designando a letra "D" o terceiro monômero, um dieno, que introduz insaturação na cadeia. Os EPDMs são, portanto, EPMs insaturados. (GARBIM, 1997,).

Devido o problema estar relacionado diretamente ao comportamento da carga de compressão que neste caso é mensurado no composto esponjoso, este será o objeto do estudo em questão.

3 METODOLOGIA E MATERIAIS

A necessidade em garantir os padrões nos produtos seguindo as normas e a qualidade exigida pelos clientes que estão cada dia mais exigentes é de fundamental necessidade para o sucesso de uma empresa. Os instrumentos existentes para controlar os parâmetros adequados para funcionamento das vedações são muitos e variados. Deste modo, abaixo serão apresentados os principais ferramentais utilizados para estes controles relacionados a carga de compressão.

3.1 Projetor de perfil

O projetor de perfil (Fig.4), é utilizado para visualizar todos os detalhes do perfil, pois como tratam-se de peças com geometria complexa, para avaliarmos cada detalhe da posição do item se faz necessário a utilização deste recursos.

Figura 4 – Projetor de perfil



Fonte: O Autor, 2014

3.2 Dinamômetro

O dinamômetro (Fig.5), é o equipamento mais importante quando tratamos do assunto compressão, pois ele é o responsável por medir a carga em cada item e caso o mesmo esteja fora do especificado deve-se imediatamente parar a produção para corrigir o problema.

Figura 5 – Dinamômetro



Fonte: O Autor, 2014

3.3 Dispositivos de laboratório

Os dispositivos em questão (Fig.6), são os que simulam a carroceria do automóvel, ou seja, mantém a peça na mesma condição em que ele será empregada no automóvel para que o teste demonstre o comportamento mais próximo da realidade possível.

Figura 6 – Dispositivos de laboratório



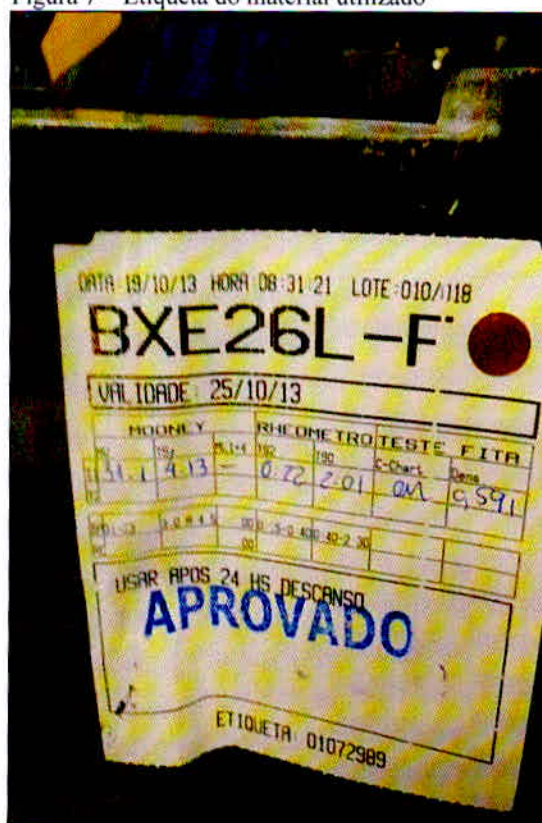
Fonte: O Autor, 2014

4 HIPÓTESES LEVANTADAS NO DIAGRAMA DE ISHIKAWA

4.1 Materiais

Durante a montagem do diagrama de Ishikawa, houve dois pontos que poderiam ter influencia direta no problema de infiltração de água no compartimento de malas do veículo: erro na formulação do composto ou a utilização de um composto diferente do especificado em desenho. Os materiais que são fabricados na empresa possuem uma etiqueta de identificação que menciona todas as características do composto a ser utilizado, tais como data da produção do compostos, descrição do composto, indicação do período mínimo de descanso do composto, etc. e conforme etiqueta (Fig.7), trata-se do material utilizado na data em que o lote com a não conformidade foi fabricado, evidenciando que o composto utilizado é sim o material solicitado em desenho, sendo assim a possibilidade de troca do composto foi descartada

Figura 7 – Etiqueta do material utilizado



Fonte: O Autor, 2014

O segundo fato relacionado aos materiais estava relacionado a uma falha durante o processo de fabricação do composto, ou seja, na formulação. Utilizando ainda as informações contidas na etiqueta, conseguimos entender se na formulação (que tem todo histórico do componentes utilizados na formulação registrados em um banco de dados do departamento de *mixing*) havia qualquer problema em relação a formulação ou não. Sendo assim, foi utilizado o banco de dados para construir um quadro comparativo (Fig.8), entre o material que foi utilizado na produção frente ao material ideal, ou seja, a formulação que deve ser seguida na produção.

Figura 9 – Quadro comparativo entre condição ideal x condição encontrada

EPDM Esponjoso		
N. Genérico	% Ideal	% Encontrada
A	27,47%	27,02%
B	27,11%	26,89%
C	26,43%	26,66%
D	9,04%	9,07%
E	2,77%	2,76%
F	1,54%	1,42%
G	0,90%	0,90%
H	0,88%	0,85%
I	0,84%	0,85%
J	0,66%	1,02%
L	0,59%	0,89%
M	0,55%	0,53%
N	0,42%	0,40%
O	0,33%	0,31%
P	0,27%	0,23%
Q	0,23%	0,20%

Componentes chamados "esponjantes" responsáveis por "airar" a borracha

Fonte: O Autor, 2014

*os nomes dos componentes utilizados na formulação foram substituídos por caracteres alfabéticos em função de que toda formulação produzida na empresa em estudo é *Black Box*, ou seja, não podem ser revelados por questões de sigilo contratual.

Como podemos notar, nas linhas destacadas de amarelo no quadro acima, existem sim algumas diferenças entre o composto ideal e o composto utilizado, e exatamente nos componentes chamados esponjantes.

Os chamados agentes esponjantes ou agentes de expansão, são os quais, quando aquecidos acima de determinada temperatura, libertam uma determinada quantidade de gás ou gases, os quais criam na massa de borracha – em fase de vulcanização, as mencionadas células. (CTB, 2012,).

Esta diferença causa o surgimento de um maior número de “células” na borracha, ou seja, ela passa a apresentar uma densidade menor e com isso deixa o material mais macio causando uma baixa resistência durante o fechamento da tampa do porta malas e ocasionando um esmagamento da vedação que conseqüentemente deixa pequenos espaços por onde há entrada de água, fato que pode ser visualizado claramente durante os testes em cabine de água.

A porcentagem de componentes “J&L” presente no composto está alta, gerando conforme citado anteriormente, uma alta deformação por compressão, ou seja, o perfil é esmagado desordenadamente e com isso surgem frestas entre o ponto de contato da vedação e o ponto de contato da carroceria, permitindo a passagem de água para dentro do compartimento de malas.

Temos aqui um ponto de não conformidade que afeta diretamente a relação de compressão do perfil, porém as outras variáveis devem ser analisadas para que não haja uma recorrência no problema.

4.2 Medição

Os pontos citados no diagrama de Ishikawa relacionados ao tema medição, foram os seguintes: utilização de dispositivo incorreto, este logo descartado, por que para “zerar” o dinamômetro para o teste se o mesmo for calibrado no dispositivo errado durante a pré-carga do dispositivo o sistema irá acionar o dispositivo de segurança e não será possível continuar o teste e para fazê-lo manualmente em um dispositivo incorreto certamente a célula de carga do dinamômetro seria estourada.

O segundo seria erro no processo de medição em si, mas o operador está devidamente treinado para operar o dinamômetro e o banco de dados de teste acusou a pré-carga correta no bloco padrão.

Temos então descartado qualquer erro relacionado a medição da carga no lote que evidenciou o problema.

4.3 Equipamento

Com relação ao equipamento onde o teste foi realizado o mesmo está com sua aferição pela empresa terceirizada certificada atualizado e com relação a utilização do banco de dados de uma outra peça, fatalmente teríamos o mesmo problema relacionado ao dispositivo, na aplicação da pré-carga a célula de carga estouraria por ter alturas e cargas permissíveis diferentes.

4.4 Pessoal

Como informado anteriormente o operador está devidamente treinado para operar o dinamômetro e tem certificação no programa utilizado para alimentar o banco de dados do dinamômetro, ou seja, a hipótese de uma terceira pessoa ter realizado o teste, está descartada, até porque para acesso ao programa é necessária a utilização de uma senha.

4.5 Processo produtivo

Finalizando a análise dos pontos levantados na elaboração do diagrama de Ishikawa, há uma possível não conformidade no processo produtivo, porém como analisado no projetor de perfil, temos as características exigidas em desenho dentro do especificado e os relatórios de parâmetros de processo estão respeitando todas as IO's (Instruções Operacionais) para produção deste item. Sendo assim não há nenhuma não conformidade associada ao processo produtivo.

5 RESULTADOS OBTIDOS

Tomando como base as análises feitas em cima das potenciais causas relatadas no diagrama de Ishikawa, temos como fator causador da não conformidade um erro na formulação, causando a fabricação de lotes de material esponjoso não conforme, e por consequência a produção de peças com um bulbo mais macio (ou seja, com uma densidade menor) o que durante os testes de compressão dos perfis apresentou a carga na altura 2, ou seja, como o perfil completamente comprimido, tendendo ao mínimo e em alguns horários abaixo do especificado em desenho. O lote não foi reprovado em função de existir uma tendência que após o perfil resfriado por completo, a carga de compressão tende a subir, ou seja a carga entraria no range da tolerância solicitada em desenho, porém devido a uma quantidade maior de material esponjante na formulação do composto isto não ocorre e a peça se mantém com a resistência a compressão baixa. O lote segue para o cliente e após a montagem de algumas guarnições na carroceria e em sequencia o teste de cabine de água, as vedações não atingiu a carga de compressão necessária para reverter a força aplicada pela tampa do porta malas sendo esmagada pela mesmas e consequentemente deixa um espaço entre carroceria e peça possibilitando a entrada de água.

A variação apresentada pelas peças se deu em função de o composto utilizado na fabricação das mesmas possuía uma maior porcentagem de material esponjante em sua formulação, acarretando uma massa mais macia que tem alta deformação a compressão, ou seja, temos um esmagamento do perfil de maneira irregular, o que permite um espaço entre a carroceira e vedação como relatado anteriormente, e por consequência durante os testes de infiltração, existe a entrada de água, que por ser compressível e irregular entra nas frestas deixadas entre as duas partes, carroceria e vedação.

5.1 Análise do problema

Após as análises anteriormente citadas, foi necessário o acompanhamento do processo de produção dos compostos, ou seja, acompanhar a formulação do composto, buscando identificar o ponto de falha. Durante as análises foi verificado que os materiais não seguiam um padrão de embalagem o que poderia ocasionar uma diferença entre o peso de cada saco plástico com o material, e através de uma pesagem entre as caixas que contém os sacos plásticos foi constatado que o peso informado na embalagem primária estava correto, porém em uma segunda análise o peso entre cada saco plástico dentro da caixa apresentava

variações, sendo assim foi possível identificar que o problema com relação a utilização de uma quantidade maior de material esponjante no composto se deu em função de uma distribuição incorreta do material nas embalagens secundárias, ou seja, nos sacos plásticos.

6 AÇÕES DE SOLUÇÃO

Após a identificação da causa raiz do problema, foi iniciado através da formação de uma equipe multifuncional os estudos para estabelecer uma solução viável e rápida a este problema. Como existia uma variação em relação ao peso dos materiais esponjantes, foi estabelecido a implementação de um *check list* ligado a uma planilha do sistema Microsoft ACCESS ligada a um banco de dados com a formulação de cada composto (feito com base em 1 kg de cada material necessário à formulação de cada composto) que é alimentada automaticamente com a quantidade total de composto a ser fabricada e a planilha calcula automaticamente a quantidade de cada componente deste composto que deve ser acrescentada na formulação. Somente após a quantidade total de material calculado pela planilha estar calibrada na balança, o sistema libera o processo de pesagem do próximo composto. Aliado a isto foi solicitado ao fornecedor do material esponjante, a modificação da embalagem secundária para um único saco plástico com o peso total da caixa (esta proposta ainda não foi implementada, pois o fornecedor alega que o seu processo é capaz de produzir 70 kg/h e que cada caixa tem 20 kg divididos em sacos plásticos de 10 kg, e adotando uma embalagem única de 20 kg isto irá deixar sua produção fora do múltiplo gerando um aumento nos custos de embalagens de produção).

Para implementação deste programa não houve nenhum custo, por ter sido desenvolvido pelo time TI e MIXING da própria empresa, e o operador foi treinado também na empresa pelos criadores deste programa.

O problema ocorreu no mês de Abril de 2014, os estudos acima relatados e a implementação do programa também citado anteriormente foram implementados em Junho/2014, e após esta adequação não houve nenhuma recorrência do problema relacionado a erros de formulação, além de o estudo abranger todos os clientes.

7 CONCLUSÃO

O trabalho acima apresentado possibilitou a solução de um problema real de uma grande fabricante de vedações automotivas.

Além de que a solução apresentada auxilia de maneira ampla toda empresa, uma vez que o problema poderia ocorrer para outros compostos de outros clientes, causando com isso uma grande perda de dinheiro em produtos devolvidos e a geração de uma quantidade enorme de material não reciclável que não teria nenhuma aplicação.

Os estudos aqui apresentados e fundamentados teoricamente servem como lições aprendidas na empresa para que problemas como esse não sejam recorrentes, significando uma redução considerável no impacto financeiro e sustentável da empresa e uma ganho considerável na satisfação do cliente.

O objetivo enfim, foco específico do trabalho foi atingido, graças ao trabalho em equipe, realizado junto ao time de profissionais de engenharia com vasta experiência no ramo automotivo e conhecimentos no processo produtivo de vedações em borracha fez com que o trabalho se desenvolvesse de uma maneira de fácil entendimento e com ênfase na prática, assim foi possível entender o comportamento deste produto durante o seu processo produtivo, as análises necessárias sobre sua funcionalidade e as dificuldades durante sua montagem. Além do fato da possibilidade em identificar o problema ou causa raiz de uma não conformidade em um produto com grande entradas no mercado.

A reclamação do cliente era sim procedente, pois tínhamos um material não conforme em uso na sua linha produção, mas com a aplicação do novo sistema não temos recorrências deste problema.

Encerro assim o estudo sobre a variação na carga de compressão nas vedações de porta malas, com o objetivo central atingido e com a satisfação do aprendizado conseguido com este trabalho. O acompanhamento do processo produtivo, dos testes e da montagem da peça abre um leque de oportunidades e permitem cada dia mais poder pensar e melhorar os produtos que hoje foram alvo do estudo.

REFERÊNCIAS

CAETANO, Mario. CTB. Disponível em: <http://www.ctb.com.pt/?page_id=1707>, Acesso em: 27 de junho de 2014.

COUTINHO, Fernanda M. B. **Avaliação Reológica de Elastômeros e suas composições**. Rio de Janeiro, 2004.

DEMEC/UFMG. Disponível em: <http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema092/Documentos/APOSTILA_PARTE_II_cap_3_Paquimetro.pdf>, acesso em 20 de julho de 2014.

CARMO, Danieli Diniz. **Dissertação: Recuperação de Borracha EPDM Vulcanizada: Estudo da Compatibilização e do Processamento**. Rio de Janeiro, 2008

FIAT AUTOMÓVEIS S/A, **Fiat Auto Normazioane (NORMA 9.03119/01)**, 1985, p. 14

GARBIM, V. J. **Introdução aos artefatos de borracha**. São Paulo, 2010

GARBIM, V. J. **Borracha Etileno Propileno – Características compostos aplicações**. Tecnologia da borracha, 1997.

GRANJEIRO, Rafael. Como manter o controle dimensional. **Rev. Abende: Controle dimensional**. Rio Grande do Sul, v12, n.4, p.45-49, dez. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia**. 1995

INTERNATIONAL INSTITUTE OF SYNTHETIC RUBBER PRODUCERS (IISRP). **Worldwide Rubber Statistics**. Houston, 1996.

KERRY, H. T. **CAD Computer Aided Design**. Disponível em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/cadv2.html>, Acesso em: 03 de maio de 2014.

MARCONDES, Paulo. **Projeto de ferramentas para conformação de chapas**. Rio de Janeiro, 2008.

MECÂNICA - USP, 2007. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/mecanica/ensinomedio/3_lei_de_newton/intro/>, Acesso em 14 de setembro de 2014.

MORAES FILHO, Cassiano Antonio. **Tendências mundiais para a indústria de elastômeros**. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Rio de Janeiro, 1996, 6 p.

MORTON, M. - **Rubber Technology**, 2nd Edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.

PALMEIRA, Alexandre Alvarenga. **Processo de extrusão**. São Paulo, 2005.

Santos Dumont por ele mesmo. Física na escola. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a02.pdf>, Acesso em: 26 de setembro de 2014.

SBRT – Serviço brasileiro de respostas técnicas. Disponível em: <<http://sbrt.ibict.br/>>, Acesso em 03 de setembro de 2014.

SENAI. **Elementos de vedação**. São José dos Campos, 2010.

SEBRAE. **Ferramentas da qualidade**, 2005, São Paulo.

SENAI. **Metrologia**. São Paulo, 2007, São Paulo.

SENAI. **Noções Básicas de Elementos de Máquinas**, Espírito Santo, 1997.

SIGNIFICADO DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA. Disponível em: <<http://www.significados.com.br/diagrama-de-ishikawa/>>, acesso em 04 de setembro de 2014.

SOUZA, André Roberto. **Engenharia dimensional de produtos**. Paraíba, 2003

THEISEN, Álvaro. **Fundamentos da Metrologia Industrial – Aplicação no Processo de Certificação ISO 9000**, PUC RS, 1997.

WASILKOSKI, Cleusa Maria. **Comportamento mecânico dos materiais poliméricos**. Curitiba, 2007.