

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
ROMEU EVANGELISTA MARTINS JUNIOR

N. CLASS.	M 629.2
CUTTER	M 386 v
ANO/EDIÇÃO	2012

**VEDAÇÕES AUTOMOTIVAS: Análise dimensional no processo de extrusão de
vedações de porta em borracha**

Varginha
2012

FEPESMIG

ROMEU EVANGELISTA MARTINS JUNIOR

**VEDAÇÕES AUTOMOTIVAS: Análise dimensional no processo de extrusão de
vedações de porta em borracha**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Erik Vitor da Silva.

Varginha
2012

FEPESMIG

ROMEU EVANGELISTA MARTINS JUNIOR

**VEDAÇÕES AUTOMOTIVAS: Análise dimensional no processo de extrusão de
vedações de porta em borracha**

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

Aprovado em / /

Prof. Esp. Erik Vitor da Silva

Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes

Profa. Esp. Luciene de Oliveira Prósperi

OBS.:

Este trabalho é dedicado a todos que me apoiaram durante este importante ciclo. Aos meus colegas de trabalho pelo apoio durante a realização da pesquisa aqui desenvolvida, aos meus familiares principalmente pelo apoio despendido em todos os momentos.

Grupo Educacional UNIS

RESUMO

A crescente busca por novos materiais e processos que ofereçam melhores condições para a utilização dos automóveis atualmente, tem sido uma grande busca pelas empresas mundo afora. Com base nestes fatos o estudo apresentado tem como foco a avaliação das vedações automotivas, que são diretamente impactadas por estas tendências e novos materiais, o estudo trata especificamente as guarnições de porta que atendem ao programa PALIO/FIAT. Com todas estas novas tecnologias durante o dia-a-dia da produção destes itens surgem situações que fazem necessárias a intervenção das engenharias para que sejam resolvidos com melhor tempo possível e demandando pequenos investimentos para sua resolução, neste trabalho serão apresentados os resultados sobre a variação dimensional nestas vedações após o processo de extrusão, devido a reclamações oficiais feitas pelo cliente sobre suas características dimensionais durante o processo de montagem na carroceria do veículo. Os critérios utilizados foram a realização de testes de encolhimento em ambientes distintos, buscando simular as situações encontradas no dia-a-dia e um teste de encolhimento segundo a norma técnica do cliente que aponta as máximas variações toleráveis nestas peças. O objetivo deste estudo é apresentar a relação entre a variação dimensional (encolhimento) e a temperatura em que o produto se encontra, identificando a procedência das reclamações do cliente sobre o comportamento destes itens durante sua montagem e apresentar uma solução para o problema apresentado.

Palavras-chave: Automóvel. Vedações de porta. Variação dimensional.

ABSTRACT

The increasing search for new material and processes that offer the better conditions for using of automobiles nowadays, has been a big search for companies around the world. Taking this points, the study presented have the focus to assess the automotive gaskets, that are directly affected for this trend and new materials, the study treats specifically the door seals that meet the program PALIO for the FIAT Automóveis customer. With all those new technologies, during the routine of production these parts we found situations that make need of interference of engineering that be solved with the better time as possible and requiring the lowest capital as possible for your resolution, in this work will be presented the results about dimensional variation in this gaskets after the extrusion process, due the official complaints of customer about your dimensional characteristics during the assembly in the body of vehicle. The criterion used was the achievement of tests of shrinkage in different environments, seeking to simulate the situation found in routine and a test of shrinkage as standard technique of customer that points the maximum variation tolerable in this parts. The objective this study is to present the relation between the shrinkage and the temperature that product be found, identifying the provenance of complaints about the deportment those parts during your assembly and to present some solution for the problem presented.

Keywords: *Automobile. Door gaskets. Dimensional variation.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Réplica do Benz Patent-Motorwagen	11
Figura 2 - Vedações automotivas	15
Figura 3 - Guarnição porta aplicada no veículo	16
Figura 4 - Juntas metálicas utilizadas em veículos em geral	16
Figura 5 - Retentores automotivos.....	17
Figura 6 - Anéis O’rings	17
Figura 7 - Esquemática do processo produtivo pra obtenção de guarnições de porta ..	19
Figura 8 – Esquema gráfico de um paquímetro	21
Figura 9 – Foto de escala utilizada no testes em laboratório	21
Figura 10 – Foto de bancada de controle dimensional	21
Figura 11 - Fotografia de uma das ocorrências registradas na montagem da vedação	22
Figura 12 - Chapa metálica avulsa e com as peças para início do ciclo térmico	24
Figura 13 - Biofreezer e estufa utilizadas nos testes de ciclo térmico.....	25
Figura 14 - Planilha referente as amostras expostas ao ambiente	28
Figura 15 - Gráfico referente às amostras expostas ao ambiente	28
Figura 16 - Planilha referente as amostras em teste normalizado	29
Figura 17 - Gráfico referente às amostras em teste normalizado	29
Figura 18 - Modelo apresentando situação atual e a proposta para eliminar a variação dimensional	32
Figura 19 - Planilha dos resultados obtidos após as modificações propostas.....	33
Figura 20 - Gráfico do resultado obtido após as modificações propostas	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 O Automóvel no Brasil e no mundo	11
2.2 Vedação automotiva.....	14
2.3 Tipos de vedações automotivas.....	15
2.3.1 Guarnições de porta (borracha elastomérica).....	15
2.3.2 Juntas metálicas	16
2.3.3 Retentores.....	16
2.3.4 Anéis O'rings.....	17
2.4 Extrusão	18
2.5 A Metrologia e sua evolução.....	19
2.6 Ferramentas utilizadas no controle dimensional de vedações de porta	20
2.6.1 Paquímetro.....	20
2.6.2 Régua graduada ou escala	21
2.6.3 gabarito de controle.....	21
3 ESTUDO DE CASO	22
3.1 <i>Fiat Auto Normazione</i> (NORMA FIAT 9.03119/01).....	24
3.2 Tópicos da norma referentes a variação dimensional	24
3.2.1 Obtenção do corpo de prova.....	24
3.2.2 Metodologia do teste.....	24
3.2.3 Verificação dos resultados.....	25
3.3 <i>Colpo de calore</i> (Insolação)	25
3.3.1 Obtenção do corpo de prova.....	25
3.3.2 Metodologia do teste.....	26
3.3.3 Verificação dos resultados.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
4.1 Cenário 1 – Peças submetidas à ambiente com temperatura controlada	27
4.2 Cenário 2 – Peças submetidas à exposição ao ambiente.....	27
4.3 Cenário 3 – Teste realizado segundo Norma técnica FIAT.....	28
4.3 Hipóteses	29
4.4.1 Variação no ferramental de corte.....	30
4.4.2 Variação na temperatura do forno.....	30
4.4.3 Problema relacionado ao material.....	30
4.5 Constatação	30
4.6 Proposta.....	31
4.7 Resultados das modificações.....	32
5 CONCLUSÃO.....	34
REFERENCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Junto com o surgimento do automóvel, surge também a necessidade de buscar componentes e peças que ofereçam melhores condições para o uso desta máquina, que hoje é fundamental na vida das pessoas. E partindo deste pressuposto, as vedações não ficam para trás, são de fundamental importância para o funcionamento e boas condições de uso de um automóvel, e são impactadas a cada dia pelo surgimento de novos conceitos e materiais que visam otimizar os conceitos já existentes. Alheio a esta crescente busca por melhorias em componentes, materiais e processos, nos deparamos com algumas situações que colocam a prova a capacidade de executar a engenharia frente a uma adversidade, que neste estudo se apresenta através da variação dimensional de guarnições de porta que atendem o programa PALIO/FIAT apresentadas após o processo de extrusão das mesmas.

As mudanças técnicas visando a melhoria dos materiais e dos processos que envolvem estas peças juntamente com a grande necessidade em maximizar produção e lucros e reduzir custos e atender as necessidades do cliente, faz com que os *designers* a cada dia busquem as mínimas tolerâncias possíveis para os seus projetos, buscando ao máximo a padronização destes produtos, assim a variação dimensional encontrada nestas guarnições, que são alvo do estudo apresentado é extremamente complexa. Mesmo aparentando certa simplicidade em sua resolução esta discordância gera peças que durante a montagem do carro na linha de produção do cliente apresenta grandes diferenças visuais e perda de funcionalidade mecânica para as quais estes itens são designados no carro, ocasionando reclamações e uma grande quantidade de peças devolvidas, que posteriormente são descartadas e devem ser repostas na linha do cliente, causando prejuízo a empresa.

Seguindo, o foco do estudo é demonstrar o comportamento dimensional das vedações de porta em três diferentes situações: em um ambiente com temperatura controlada, um ambiente totalmente exposto as intempéries do cotidiano e um terceiro que segue os parâmetros estabelecidos na norma técnica do cliente, buscando entender o comportamento destas guarnições em situações que imitam o dia-a-dia, e verificando a procedência de reclamações recebidas do cliente.

Conseqüentemente a importância em entender o comportamento destas vedações após o processo de extrusão, é o alvo dos estudos apresentados, em virtude da importância de verificar a procedência das reclamações feitas pelo cliente sobre o comportamento destas vedações durante a montagem no carro e eliminar as recorrências evitando devolução de

peças e minimizando o nível de peças devolvidas e rejeitadas, o que impacta diretamente no caixa da empresa.

O critério utilizado foi a busca em três ambientes distintos, de apontar os instantes em que a peça começa a apresentar a redução no comprimento, fruto da compactação das moléculas recorrentes do resfriamento após sua extrusão, ocorrida a altas temperaturas, geralmente ~200 a 240°C, respeitando o tempo mínimo de “descanso” recomendado para que este processo de compactação ou expansão da borracha seja concluído, em torno de 48 a 72 horas para que cesse este encolhimento, e assim possa verificar de maneira definitiva se os perfis estrusados encolhem dentro das tolerâncias de desenho ou estão fora, necessitando de ações para eliminar ou trazer este encolhimento para os níveis toleráveis de variação.

Os testes foram realizados em lotes de 20 (vinte) peças, exceto os testes realizados conforme norma, pois, em função da não disponibilidade de colocar este número de amostras em teste, seja em estufa ou no biofreezer, deste modo os testes segundo norma foram realizados com lotes de 5 (cinco) peças. O processo de análise dimensional envolvido na avaliação do estudo apresentado é amplamente utilizado na engenharia dentre os mais variados segmentos, para análise referente ao estudo do comportamento dos produtos dimensionalmente.

2 INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS

Atualmente nos deparamos com uma infinidade de empresas dos mais variados portes para atendimento a indústria automotiva mundial, com isso surge a cada dia a necessidade de estudar as particularidades de cada produto buscando otimizar suas aplicações.

2.1 O automóvel no Brasil e no mundo

O século XX revelou o surgimento de uma série de máquinas que revolucionaram o mundo: computadores, aviões teleguiados, armas nucleares entre outras. Neste mesmo século de descobertas, surgem os primeiros automóveis do mundo.

Em 1769, Nicolas Cugnot desenvolveu um sistema de carruagem que funcionava com motor a vapor. Esta foi, sem dúvidas, uma das alavancagens para o surgimento do automóvel. Entretanto, podemos relatar que o carro mais antigo da história no mundo foi criado por Karl Benz, na Alemanha, em 1885. O alemão, fundador da empresa alemã Mercedes-Benz e considerado o pai do automóvel. Ele introduziu o uso do motor de combustão interna a gasolina. Foi nesse momento que as pessoas começaram a considerar a viabilidade de um veículo autopropulsionado, que oferecesse condições maiores de comodidade, segurança e rapidez. A patente de Benz data de 29 de janeiro de 1886, na cidade de Mannheim.

Figura 1 - Réplica do Benz Patent-Motorwagen



Fonte: historiadocarro.wordpress.com, 2011

Em 1860 Étienne Lenoir, constrói o primeiro motor de combustão interna, ou seja, que queima combustível dentro de um cilindro, aliás, o mesmo princípio utilizado nos motores até hoje.

Os ingleses largaram atrás do mundo em relação aos outros países europeus devido à lei da bandeira vermelha em 1862 que impunha aos veículos que apenas uma pessoa transitasse na parte da frente, segurando uma bandeira vermelha como forma de aviso. O Lanchester foi o primeiro carro inglês, e, logo após ele, vieram outros como: Subean, Swift, Humber, Riley, Singer, Lagonda, etc.

No ano de 1904, surgiu o primeiro Rolls Royce com um radiador que não passaria por nenhuma transformação. A Europa seguiu com a inovação dos carros: na França (De Dion Bouton, Berliet, Rapid), na Itália (Fiat, Alfa Romeo) na Alemanha (Mercedez-Benz) já na Suíça e a Espanha partiram para uma linha mais potente e luxuosa: o Hispano-Suíza.

Após a primeira Guerra Mundial os fabricantes partiram para uma linha de produção mais barata, produzindo veículos populares, compactos e em serie. A suposta dúvida a respeito de quem, de fato, criou e fora o pai do automóvel se deu entre Karl Benz e Henry Ford. Mas o que aconteceu foi que Henry Ford começou a fabricar veículos automotores em 1908, iniciando bem depois de Benz que já havia patenteado a invenção. Essa dúvida, talvez tenha surgido pelo fato do sucesso que Ford teve ao introduzir a produção do automóvel em larga escala. O primeiro modelo, Model T, foi fabricado em uma serie de cores, mas para cortar custos, em 1915 ela passou a ser fabricado apenas na cor preta, situação que perdurou até 1926. Era preciso retirar o assento para abastecer. Em alguns modelos, faróis e buzinas eram oferecidos como opcionais, mediante pagamento adicional. O modelo vendeu cerca de 15 milhões de unidades, uma marca impressionante na época.

O automóvel, embora tenha sido criado na Europa, foi aperfeiçoado nos Estados Unidos. A indústria americana percebeu rapidamente como era necessário o aperfeiçoamento do automóvel. Os técnicos não mediam esforços para tornar os veículos mais confortáveis e originais.

O automóvel é uma das mais relevantes invenções do século XX. Sua influencia e impactos foram grandes características durante as mudanças no decorrer deste século, principalmente na Europa e EUA, e que sem demora chegou também ao Brasil e outras partes do mundo.

O automóvel é o símbolo por excelência do moderno no início do século XX. Sua chegada a diferentes partes do mundo ilustra a trajetória irresistível da mobilidade. Chega a máquina bufante, o novo saúrio mecânico, o carro de fogo, envolvido numa

nuvem de pó. E montado no cavalo mecânico chega o mensageiro da motorização. Enquanto o arauto medieval levava mensagens, determinava as festas de cavalaria e organizava os registros da nobreza, o piloto introduz o não visto e o estranho, na forma de antecipação do futuro. Vem de longe anunciando grande transformação (GIUCCI, 2004, p. 263).

Estes produtos chegam para contribuir com a reestruturação da maneira de viver, facilitando a vida dos indivíduos, mesmo que no início tenham sido basicamente para membros de uma elite, os únicos com capacidade de ter acesso a este importante bem na época de seu surgimento.

Estes artefatos, mais que injunções de natureza econômica, expressam a construção de um novo ideal, todos relacionados aos novos objetos que comumente determinam ao seu redor o surgimento de: progresso, velocidade, fugacidade e mobilidade, além de status.

Seguindo uma definição de Eric Hobsbawm (1988): “o mundo estava dividido entre uma parte menor, onde o progresso nascera, e outras, maiores onde chegava como conquistador estrangeiro, ajudado por minorias de colaboradores locais.”

É amplamente aceito que o primeiro automóvel tenha chegado ao Brasil pelas mãos do precursor da aviação no nosso País e apaixonado pelas “fascinantes máquinas modernas”, Alberto Santos Dumont, influenciando seu pai que o mandou para Europa, para ampliar seu conhecimento sobre mais essa novidade no mundo. Dumont escolhe como local para desenvolver estes conhecimentos, Paris, onde acompanha com entusiasmo o desenvolvimento dos motores a explosão, tanto pela sua paixão pela velocidade e pela emoção e aventura que existia nos novos automóveis, quanto por sua necessidade em entender e resolver seus problemas técnicos, referentes ao seu instinto de criar as máquinas de voar. Dumont adquire em 1890 seu primeiro automóvel, um Peugeot.

Após este, Dumont, adquiriu inúmeros outros automóveis, sempre os utilizando como laboratório de seus inventos, contribuindo ativamente no aperfeiçoamento dos motores, além de acompanhar de perto a criação e tornando-se membro importante do Clube do Automóvel da França. Seu fascínio era tão grande que Dumont chegou a declarar:

É bem certo que se não houvesse me dedicado à aerostação, ter-me-ia feito entusiasta das corridas de automóveis, passando continuamente dum tipo pra outro, procurando constantemente uma velocidade superior, avançando com os progressos da indústria, como fazem tantos do novel espírito esportivo parisiense (SANTOS, 2006, p. 44).

Em 1891, Dumont desembarca no Porto de Santos com sua Peugeot, utilizando motor dois cilindros Daimler. Logo que pode, transferiu para a cidade de São Paulo, onde causava

grande alarde na população que até se assustava ao ver aquela máquina barulhenta andando pelas ruas sem cavalos para realizar a tração daquela carroceria. Esta máquina acaba por despertar um grande interesse da elite paulistana.

No Rio de Janeiro o primeiro automóvel desembarca quatro anos depois, em 1895 com José do Patrocínio, que acabara de importar um Serpollet, causando sensações semelhantes as anteriormente mencionadas na população paulistana. “Gente de guarda-chuva debaixo do braço, parava estarecida como se tivesse visto um bicho de marte ou um aparelho de morte imediata” declarou João do Rio (1911).

Enfim, o perfil dos proprietários destas máquinas de modernidade no Brasil eram os mesmos: membros da elite, que dispunham de sucesso financeiro no momento, e que em maior ou menor grau, possuíam relação com a modernização do país.

2.2 Vedação automotiva

Segundo, Noções Básicas de Elementos de Máquinas (SENAI, 1997) “vedação é o processo utilizado para impedir a passagem de maneira, estática ou dinâmica, de líquidos, gases ou sólidos particulados (pó) de um meio externo para outro”. E no caso de vedações automotivas trata-se da mesma definição, porém com seu ramo diretamente ligado ao setor automotivo.

Atuando de maneira diversificada, todos os sistemas de vedação são específicos para cada aplicação: guarnições, tampas, gaxetas, cabeçotes de motor, válvulas, anéis (borracha ou plástico), entre outros tipos existentes.

Mais um ponto importante é o material da vedação, que pode ter de várias origens diferentes variando conforme sua necessidade de aplicação, podendo ser: borracha, plástica, metálica, compostos orgânicos compactados (esta seguindo uma nova tendência no mercado automotivo mundial), papelão, entre outras.

Conforme SENAI (2010), os fatores que influenciam na utilização de vedações são:

- a) Compatibilidade do material do vedador com o produto a ser vedado - para que não ocorra uma reação química entre eles, o material deve ser compatível, evitando assim o vazamento e a contaminação do produto.
- b) Temperatura - no caso de se trabalhar em ambiente com temperatura muito elevada, o material do vedador deve suportar a temperatura de trabalho interna e externa.

- c) Acabamento das peças - uma boa vedação requer bom acabamento das superfícies a serem vedadas.
- d) Pressão - quanto mais elevada for a pressão do fluido, maior será a possibilidade de escapamento, devendo o material resistir à pressão.
- e) Estado físico - os fluidos líquidos são mais fáceis de serem vedados do que os fluidos em estado gasoso.

Salientando que seja qual for este material, ele deve ser compatível com o produto a ser vedado para que não haja reação química entre eles ocasionando a perda da funcionalidade ao qual a vedação é designada: evitar a transposição de elementos indesejáveis ao meio. No estudo apresentado, especificamente, estes elementos indesejáveis seriam as entradas de poeira, água, surgimento de ruídos e perda de propriedades mecânicas no automóvel.

Figura 2 – Vedações automotivas



Fonte: SENAI, 2010

2.3 Tipos de vedações automotivas

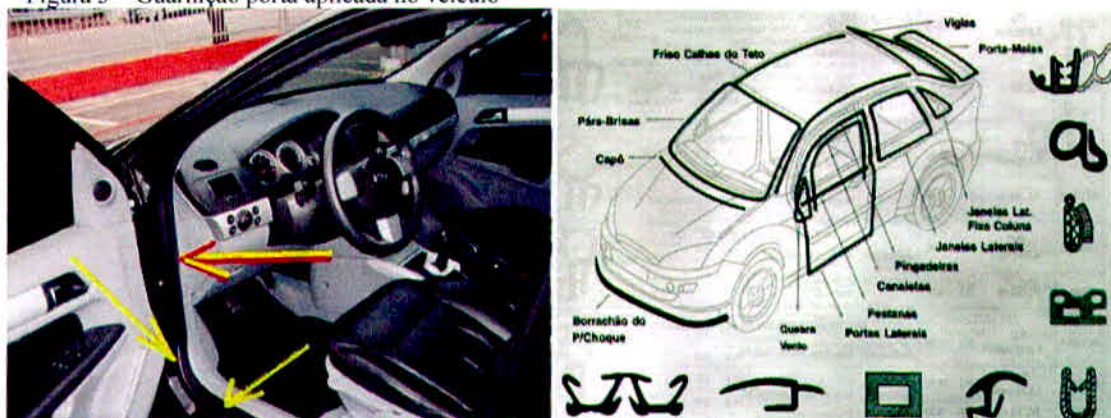
São vários os tipos de vedações automotivas existentes. Elas propiciam maior segurança junto ao cliente, em relação a capacidade de reter os particulados e líquidos, para que os mesmos não adentrem a parte interna do veículo e também são altamente utilizadas em partes do motor com a mesma função, vedar. Abaixo, seguem algumas das principais aplicações das vedações nos veículos.

2.3.1 Guarnições de porta (borracha elastômero)

São empregadas em partes estáticas da carroceria, como flanges. Tem a função de isolar a parte onde se encontram os passageiros, do meio externo e seus agentes como poeira e água, por exemplo. Além desta capacidade de vedação, outra função nestes produtos é a

função de evitar os ruídos que caso não fossem utilizadas seriam originados do “bater lata com lata”.

Figura 3 – Guarnição porta aplicada no veículo

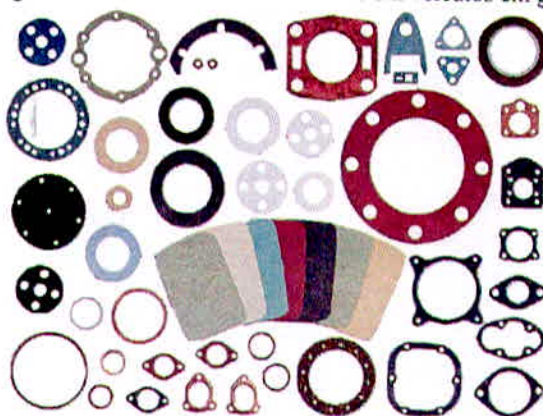


Fonte: Revista borracha Atual

2.3.2 Juntas metálicas

Destinadas a vedar equipamentos que operam com altas pressões e altas temperaturas, fabricadas geralmente em aço com baixo teor de carbono, alumínio, cobre ou chumbo.

Figura 4 – Juntas metálicas utilizadas em veículos em geral



Fonte: Juntas Brasil Ind. Com. e Serviços LTDA, 2008

2.3.3 Retentores

Composta por uma membrana elastomérica em forma de lábio e uma parte estrutural metálica, semelhante a uma mola, permitindo a sua fixação correta na posição de trabalho. É aplicado entre duas peças que apresentam movimentos rotativos entre si, suportando variações de temperatura.

Figura 5 – Retenores automotivos

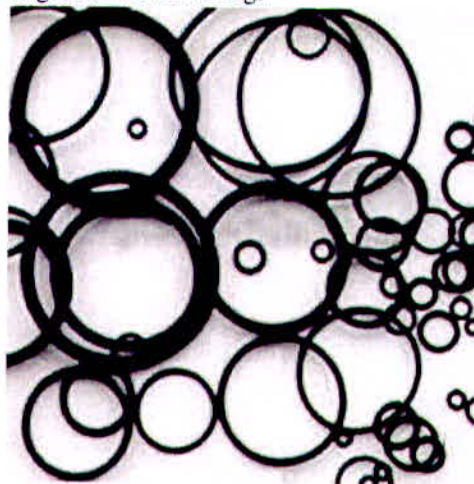


Fonte: Vedacentro – Vedações industriais, 2011

2.3.4 Anel O'rings

Consiste de um anel em formato circular feito de um elastômero ou em algumas vezes em material plástico que são alojados e forçados a modular-se e preencher irregularidades das superfícies das partes e qualquer folga existente, criando a condição (folga zero) promovendo o efetivo bloqueio do fluido. (Catalogo 5700 BR, maio 1997).

Figura 6 – Anéis O'rings



Fonte: SENAI, 2010

2.4 Extrusão

Fabricar é a capacidade de transformar matérias-primas em produtos acabados, por uma variedade de processos. Neste caso, o produto em estudo é oriundo do processo de extrusão a quente.

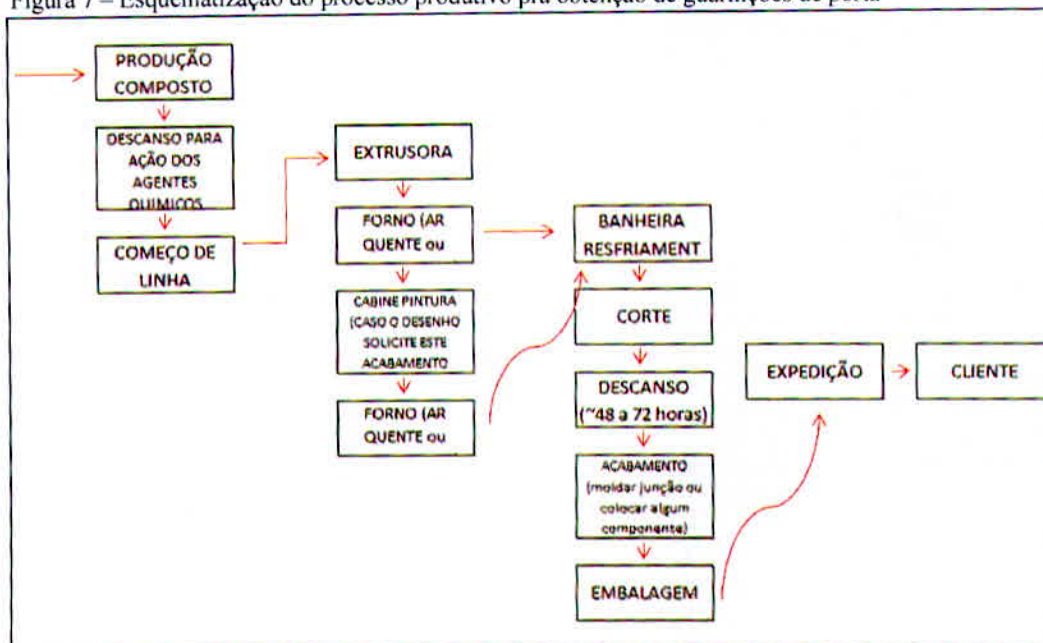
Segundo DEMEC/UFMG (2008) “extrusão é um processo pelo qual um bloco ou perfil é reduzido em seção transversal ao ser forçado a escoar através de um orifício de uma matriz sobre alta pressão”.

A matriz de extrusão é segundo o SBRT, é uma “placa instalada no final do cilindro, com um ou mais furos, do acordo com o formato desejado, tendo duas principais funções: dar a forma desejada ao produto e restringir seu escoamento, resultando no aumento da pressão na zona de cocção”.

O processo de extrusão pode ser dividido em extrusão a quente e extrusão a frio, neste estudo o material em questão foi obtido pelo processo de extrusão a quente.

A extrusão a quente é um processo em que os materiais são aquecidos a altas temperaturas a fim de tornar mais fácil a fluidez do material dentro da extrusora, buscando minimizar o desgaste do ferramental durante o processo de extrusão. Outro ponto importante é que faixa de pressão e temperatura são ajustadas para um melhor fluxo processo. O nível de exposição do material a estas variáveis, certamente tem um efeito adverso sobre o material, podendo ocasionar compactação da borracha quando se tem uma temperatura muito alta e em seguida expõe a uma temperatura ambiente, por exemplo, e a expansão da borracha logo após o processo produtivo. A obtenção de uma guarnição de porta fluxo indicado abaixo:

Figura 7 – Esquemática do processo produtivo pra obtenção de guarnições de porta



Fonte: o Autor

2.5 A Metrologia e sua evolução

A metrologia (palavra de origem grega) é definida pelo Vocabulário internacional de termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (1995) como a “Ciência da medição que abrange todos os processos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia.”

Não é somente na Física que a Metrologia ocupa um papel relevante, de uma maneira geral, ela ocupa um papel importante em todas as ciências, sendo encarada como uma ciência básica (THEISEN, 1997).

Antigamente, eram comuns as trocas como comércio entre povos. Devido a este fato, esta pratica contribuíram com a criação de unidade de medida para estas mercadorias, trazendo como consequência uma grande quantidade de unidade de medida com varias denominações de uma região para outra, os valores e escalas também variavam de acordo com cada região.

Logo os homens começaram a enxergar essas discordâncias se atentando pelo fato que para estas medições fazerem sentido elas deveriam ser seguidas de igual maneira em todos os lugares.

A importância de conhecimento dos mercadores e dos trabalhadores de maneira geral sobre o comprimento de uma vara de tecido em uma região deveria ser aproximadamente o mesmo comprimento que uma vara de tecido em outra região.

No Brasil, o quadro é similar ao encontrado nos demais lugares. As mercadorias importadas já traziam consigo medidas próprias que se especificavam cada vez mais à medida que esta atividade econômica era regionalizada. Através da Lei Imperial n.1157 datando de 26 de junho 1862 onde, D.Pedro II coloca o Brasil oficialmente como uma das primeiras nações do mundo a adotar o sistema métrico decimal.

Atualmente existe o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), que segue uma autarquia federal brasileira, tendo como formato uma agência executiva, com vínculo no Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Tem como objetivo fortalecer as empresas nacionais, melhorando a produtividade e adotando mecanismos destinados a padronização de produtos e regulamentação de medidas.

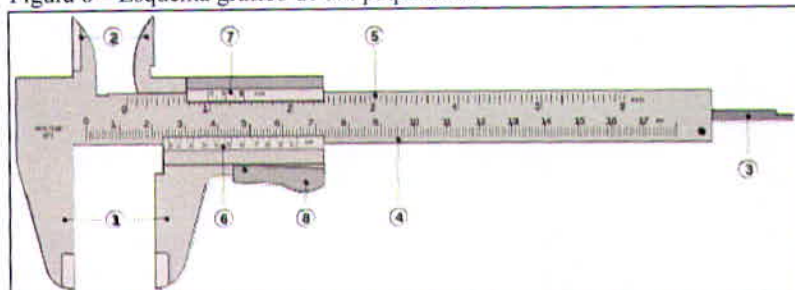
2.6 Ferramentas utilizadas no controle dimensional de vedações de portas

Conforme exposto acima a necessidade em garantir padrões nos produtos seguindo órgãos normativos atualmente é de fundamental necessidade para o sucesso de uma empresa. Os instrumentos existentes para efetuar medidas lineares e diárias são muitos e variados. Deste modo, abaixo segue as ferramentas usualmente utilizadas no controle dimensional de vedações.

2.6.1 Paquímetro

Podem ser analógicos ou digitais, sendo os analógicos dotados de uma escala Vernier possibilitando a leitura de medições com precisão de 0,1 mm, enquanto os digitais têm maior precisão. Segundo o DEMEC/UFMG (2008), o paquímetro é a associação de: uma escala, como padrão de comprimento, dois bicos de medição, como meios de transporte do mensurado, sendo um ligado à escala e outro ao cursor, um nônio como interpolador para a indicação entre traços.

Figura 8 – Esquema gráfico de um paquímetro



Fonte: iTest Medição e Automação, 2012

2.6.2 Régua Graduada ou escala

Segundo SENAI (2007) “A régua graduada é o mais simples entre os instrumentos de medida linear. Apresenta-se, em regra, em forma de lâmina de aço carbono ou de aço inoxidável. Nessas lâminas estão gravadas as medidas em centímetros (cm) e milímetros (mm), conforme o sistema métrico, além de polegadas e suas frações (sistema inglês).

Figura 9 – Foto de escala utilizada no testes em laboratório



Fonte: o Autor, 2012

2.6.3 Gabarito de controle

Consiste em uma bancada dotada de marcações em suas extremidades referentes ao dimensional da peça, geralmente já possui duas marcações auxiliares que indicam a posição mínima e máxima que o perfil extrudado pode ter linearmente.

Figura 10 – Foto de bancada de controle dimensional



Fonte: o Autor, 2012

3 ESTUDO DE CASO

O estudo apresentado neste trabalho desenvolveu-se frente a um problema encontrado no processo produtivo de uma empresa de autopeças líder no ramo de fabricação de vedações automotivas oriundas do processo de extrusão a quente de borracha.

Frente às reclamações recebidas oficialmente pelo cliente FIAT sobre o comportamento das guarnições de vedação porta que atendem ao programa PALIO durante sua montagem no veículo, foi necessário a análise do processo produtivo deste componente para levantamento das prováveis causas do aparecimento de uma variação dimensional além do máximo permitido em desenho.

Figura 11 – Fotografia de uma das ocorrências registradas na montagem da vedação



Fonte: FIAT Automóveis, 2012

O perfil, já acabado, ou seja, pronto para a montagem, apresentava durante sua montagem um problema referente a variação dimensional, deste modo, quando os operadores posicionavam as peças nas flanges da carroceria do modelo PALIO, o perímetro da guarnição de vedação não era suficiente para vencer o vão entre portas, fato que fica exemplificado na Fig. 7 onde o mesmo apresenta uma abertura entre a carroceria e a guarnição de vedação em si, em função do dimensional a menor na guarnição de vedação.

Neste estudo serão apresentados os métodos utilizados para identificar os pontos que são objetivos do estudo, estudar o comportamento destas guarnições de vedação em diferentes temperaturas, identificar a procedência das reclamações do cliente referentes à variação dimensional em guarnições de porta extrudadas e identificar o motivo da variação apresentando uma solução para o problema.

Para o desenvolvimento do estudo em questão foram realizados testes em quantidades específicas de perfis em três condições variadas de temperatura, visando determinar o comportamento dos mesmos frente a estas variações buscando identificar os pontos que afetam e causam a variação dimensional destes produtos.

Os testes foram realizados em três ambientes distintos sendo dois deles em ambientes que simulam condições de trabalho do cotidiano destes componentes no automóvel e um terceiro seguindo a norma técnica que regulamenta as máximas variações toleráveis para estas peças (vide item 3.1).

Pelo fato do modelo PALIO ser comercializado em todo território nacional além de ser exportado para a Argentina, buscou-se o estudo em ambientes que simulam o clima em condições semelhantes às encontradas nestes locais.

O primeiro teste foi realizado em um ambiente com temperatura controlada, simulando o comportamento destas peças em uma região sem grandes variações de temperatura, que tenha um clima com temperatura média entre 22 e 24° C, as medições ocorreram em intervalos de tempo de três horas até completar-se 72 horas após o perfil ter deixado a linha de produção, tempo padrão para descanso deste tipo de produto.

O segundo teste foi realizado em um ambiente com temperaturas variáveis, submetendo as amostras completamente as intempéries do dia a dia, chuva, sol, vento, poeira e serração, visando apontar ou simular as condições reais que estes produtos estão sujeitos durante o seu uso no automóvel.

E para finalizar as análises sobre a variação dimensional nestes produtos, foi realizado o teste segundo a norma que regulamenta a máxima variação dimensional aceita pelos perfis avaliados. Este teste consiste em submeter às amostras a testes cíclicos de calor e frio intenso para em seguida verificar o seu comportamento após estes cenários.

Os testes foram realizados nos três cenários acima mencionados, seguindo os mesmos critérios de amostragem de peças e sistema de medição. Logo após as peças deixarem a linha de extrusão e caírem na esteira de seleção, assegurando que não há problema no ferramental de corte, eram medidos inicialmente e direcionados a seu respectivo ambiente de teste, conforme informado acima são três diferentes situações.

O intervalo das medições foram escolhidos aleatoriamente, porem seguindo um critério bastante comum neste tipo de testes, o intervalo foi de três horas entre cada medição. O objetivo foi determinar os instantes T₀ (tempo onde surge o encolhimento) e o T_f (tempo onde cessa o encolhimento). Os dados obtidos durante estes intervalos de tempo foram

apontados em planilhas juntamente com as análises do comportamento encontrado em cada cenário.

3.1 *Fiat Auto Normazioane* (NORMA FIAT 9.03119/01)

Neste tópico, está sendo apresentada a norma técnica que define as especificações referentes as máxima condições aceitáveis para o fornecimento de guarnições de porta aos programas FIAT.

Como a norma técnica em questão é originalmente descrita na língua italiana, abaixo segue a tradução com o auxílio de pessoas ligadas e com experiência no departamento de engenharia de materiais, os pontos descritos abaixo são exclusivamente referentes ao que diz respeito à estabilidade dimensional dos produtos.

3.2 Tópicos da norma referentes à estabilidade dimensional

3.2.1 Obtenção dos corpos de prova

Extraír do perfil em questão a forma retilínea com maior comprimento possível e apoiá-los em uma seção de metal em forma de "L".

Figura 12 – Chapa metálica avulsa e com as peças para início do ciclo térmico



Fonte: o Autor, 2012

3.2.2 Metodologia do teste

Medir o comprimento do perfil com precisão em mm e colocá-lo três vezes sob o seguinte ciclo:

16 h a $80\pm 2^{\circ}\text{C}$ em camara ambientada (Ref. § A-0265)

8 h a $-30\pm 2^{\circ}\text{C}$ em camara ambientada (Ref. § A-0265)

Figura 13 – Biofreezer e estufa utilizadas nos testes de ciclo térmico



Fonte: o Autor, 2012

Ref. § A-0265 – Camara de teste a baixa temperatura: deve ser capaz de alcançar e manter em toda seus pontos a temperatura correspondente a classe de severidade prevista dentro da tolerância de $\pm 2^{\circ}\text{C}$

3.2.3 Verificação dos resultados

Verificar que:

- o comprimento não sofreu qualquer variação, positiva ou negativa, superior a 0,3%
- qualquer apoio extrudado não aponta deformação ou variação de aspecto suscetível de comprometer a estética

3.3 Colpo di calore (Insolação)

Neste tópico tem-se a busca em submeter as amostras a uma condição extrema de calor.

3.3.1 Obtenção dos corpos de prova

Extrair do perfil em questão a forma retilínea com maior comprimento possível e apoiá-los em uma seção de metal em forma de "L".

3.3.2 Metodologia do teste

Introduzir a amostra na camara ambientada (ref. § A-0270) a uma temperatura adequada de 100° durante 5h

Ref. § A-0270 – Camara ambientada (forno) capaz de alcançar e manter em todos seus pontos a temperatura correspondente a classe de severidade prevista dentro da tolerância prescrita, com umidade relativa máxima de 20% e construída de tal maneira que em nenhum ponto as amostras sejam submetidas a aquecimento por radiação direta dos elementos de aquecimento.

3.3.3 Verificação dos resultados

Verificar que:

- o comprimento não sofreu qualquer variação, positiva ou negativa, superior a 0,3%
- qualquer apoio extrudado não aponta deformação ou variação de aspecto suscetível de comprometer a estética.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a realização dos testes, verificou-se que os perfis realmente apresentavam uma variação acima do máximo permitido, sendo procedentes as diferenças encontradas durante a montagem na linha de produção do cliente, e conseqüentemente as reclamações oficiais abertas pelo cliente, abaixo seguem os resultados nos três cenários estudados.

4.1 Cenário 1 – Peças submetidas à ambiente com temperatura controlada

Os resultados obtidos simulando as peças a esta condição não foram satisfatórios uma vez que as peças não apresentaram nenhuma variação, deste modo os resultados obtidos nesta condição foram desconsiderados. Um ponto importante é que a intenção com o estudo nesta condição apresentada era a busca por semelhanças com o clima Argentino, que conforme informado anteriormente é um dos países ao qual os veículos são destinados, plantas onde não houveram nenhum registro deste tipo de variação.

4.2 Cenário 2 – Peças submetidas à exposição ao ambiente

Este teste mostrou claramente que as amostras apresentavam sua maior taxa de encolhimento no início dos testes e o momento em que a taxa tende a cessar as amostras já haviam ultrapassado as tolerâncias máximas exigidas em desenho e estavam reprovadas, sendo assim em condições normais de trabalho as peças apresentariam um perímetro menor que o mínimo necessário.

condições de exposição ao ambiente.

reprovadas, seguindo o mesmo caminho das peças que foram submetidas aos testes em amostras já haviam ultrapassado as tolerâncias máximas exigidas em desenho e estavam taxa de encolhimento no início dos testes e o momento em que a taxa tende a cessar as Este teste também apresentou claramente que as amostras apresentavam sua maior

4.3 Cenário 3 – Teste realizado conforme norma

Fonte: o Autor

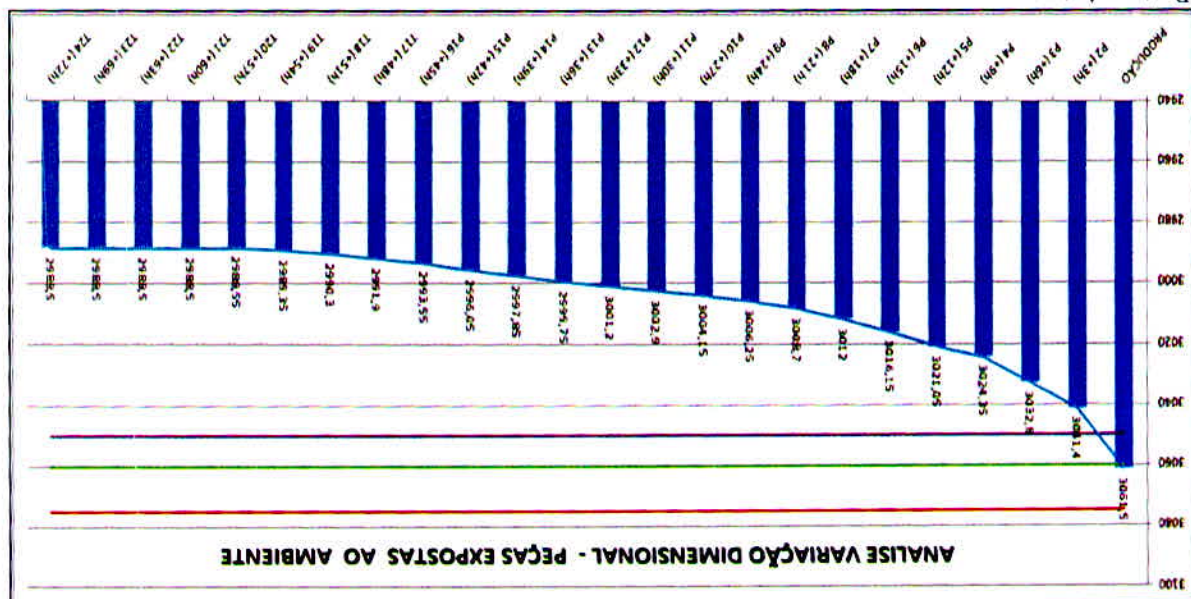


Figura 15 – Gráfico referente as amostras expostas ao ambiente

Fonte: o Autor

AMOSTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	MEIA
01	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
02	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
03	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
04	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
05	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
06	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
07	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
08	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
09	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
10	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
11	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
12	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
13	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
14	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
16	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
17	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
18	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
19	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
20	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
21	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
22	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
23	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15
24	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15	3004,15

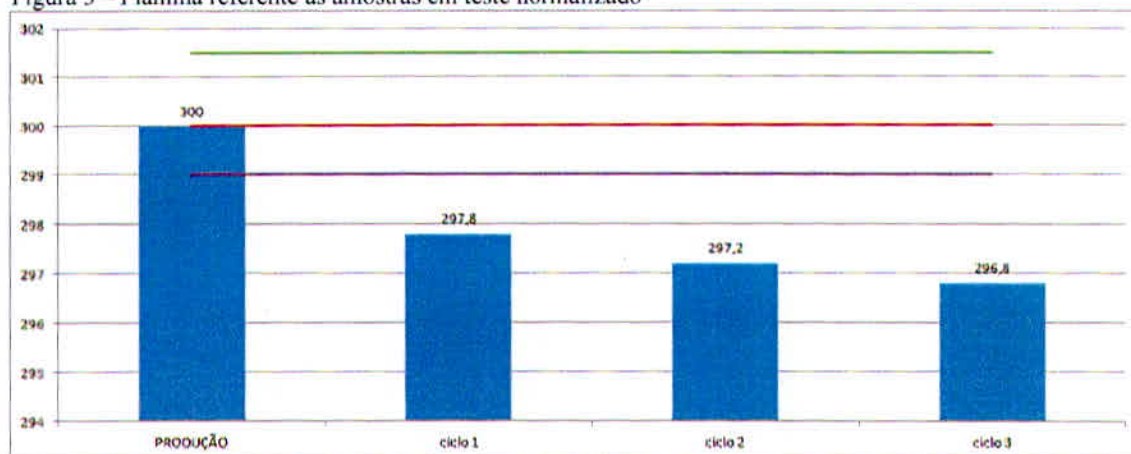
Figura 14 – Planilha referente as amostras expostas ao ambiente

Figura 2 – Planilha referente às amostras em teste normalizado

AMOSTRAS	PRODUÇÃO	ciclo 1	ciclo 2	ciclo 3
1	300	298	297	297
2	300	297	297	296
3	300	298	297	296
4	300	298	297	297
5	300	298	298	298
MÉDIA	300	297,8	297,2	296,8

Fonte: o Autor

Figura 3 – Planilha referente às amostras em teste normalizado



Fonte: o Autor

Podemos observar claramente através dos gráficos que os perfis apresentaram sua maior variação nas primeiras horas após a saída da linha de produção, o se justifica pela sua temperatura de processo ser relativamente alta (~220 a 240°C).

Frente a constatação do problema durante os testes praticados nas amostras selecionadas algumas hipóteses foram considerados como possíveis causas da variação encontrada.

4.4 Hipóteses

Após as primeiras evidências do problema recebidas sob a forma de reclamações oficiais pelo cliente, foram levantadas algumas hipóteses que poderiam estar afetando dimensionalmente o produto em questão, abaixo segue:

4.4.1 Variação no ferramental de corte

O ponto referente a variação oriunda do ferramental de corte foi levantada em função da possibilidade de falha no posicionamento do perfil durante o corte, porém esta possibilidade foi afastada em função de que todos os documentos que comprovam o acompanhamento da manutenção na ferramenta e o fato da mesma possuir sensores de posicionamento que estavam em perfeito funcionamento, assim a ferramenta não seria acionada com a peça fora de posição.

4.4.2 Variação na temperatura do forno

Este tópico foi apontado pelo fato de que em outras situações semelhantes e em produtos similares, a variação ocorrida em um ou mais estágios do forno ocasionava uma cura insuficiente na borracha o que gera peças com problemas dimensionais e geométricos, porém este foi mais um ponto descartado, uma vez que os relatórios de acompanhamentos de produção apresentavam as temperaturas dos três estágios do forno dentro das especificações.

4.4.3 Problema relacionado ao material

O material que dá origem a estes produtos é uma massa produzida internamente na *Cooper Standard Automotive* e segue alguns parâmetros de produção que tem que ser seguidos e somente são liberados após todas as aprovações, a combinação química utilizada para fabricação desta massa, o descanso antes de seguir para produção, além dos testes de dureza e umidade presente no material apresentavam-se dentro das especificações o que descartou também esta hipótese.

4.5 Constatação

Tendo como base as análises dos gráficos obtidos após os testes acima mencionados foi identificado um ponto antes não avaliado, o resfriamento. Durante este processo, que consiste na passagem do perfil recém saído da extrusão por uma banheira de água, onde esta deveria apresentar temperatura média aproximada de 23°C, a mesma estava com uma temperatura média aproximada de 35°C o que ocasionava um resfriamento insuficiente no perfil, fazendo chegar à esteira com uma temperatura elevada. Como ao ser aquecido

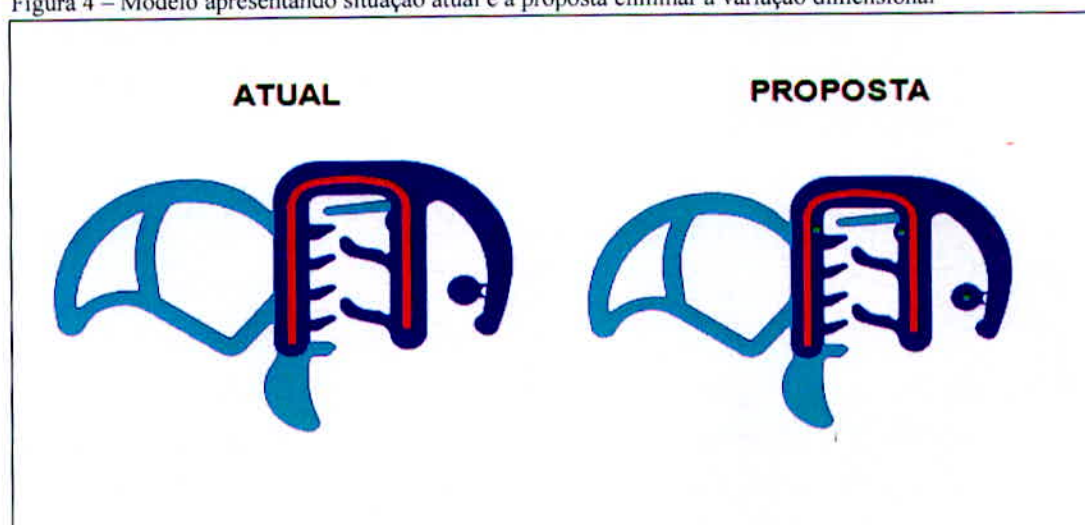
(passagem do perfil no forno para cura da borracha) as moléculas ficam em grande agitação, e quando o perfil passava na banheira de resfriamento a mesma estava com a temperatura acima do normal, ocorria um resfriamento insuficiente, e a peça deixava a banheira com uma temperatura elevado (~65 a 70°C), ou seja, ainda em grande agitação, o que explica o grande fator de redução nas primeiras horas após ser processada. Este fato faz com o perfil não sofra o choque térmico necessário para se obter a redução de agitação das moléculas esperada, deste modo o perfil apresenta um grande taxa de redução no início de seu processo de repouso e quando o mesmo tem sua estabilização molecular já ultrapassou os limites máximos de redução permitidos por desenho, assim a peça terá um perímetro menor que o necessário para vencer o vão de porta.

Diante do exposto acima, as referidas análises ponto a ponto das prováveis causas do surgimento desta variação, indicaram o causador desta variação dimensional como diretamente relacionado a uma variação na temperatura da banheira de resfriamento.

4.6 Proposta

Frente esta não conformidade no processo, a solução encontrada foi regular a temperatura da água da banheira de resfriamento e implementar um controle periódico, similar ao utilizado no controle da temperatura do forno, adicionar um fio *nylon*, conhecido como *string*, na parte superior do canal de encaixe da peça no carro, este afim de, através de sua aderência a borracha, exercer uma resistência dentro do perfil, minimizando com isso a recorrência do problema da variação dimensional. O resultado do teste foi satisfatório e a implementação deste componente na peça está em aprovação junto a engenharia do cliente.

Figura 4 – Modelo apresentando situação atual e a proposta eliminar a variação dimensional



Fonte: o Autor

4.7 Resultados das modificações

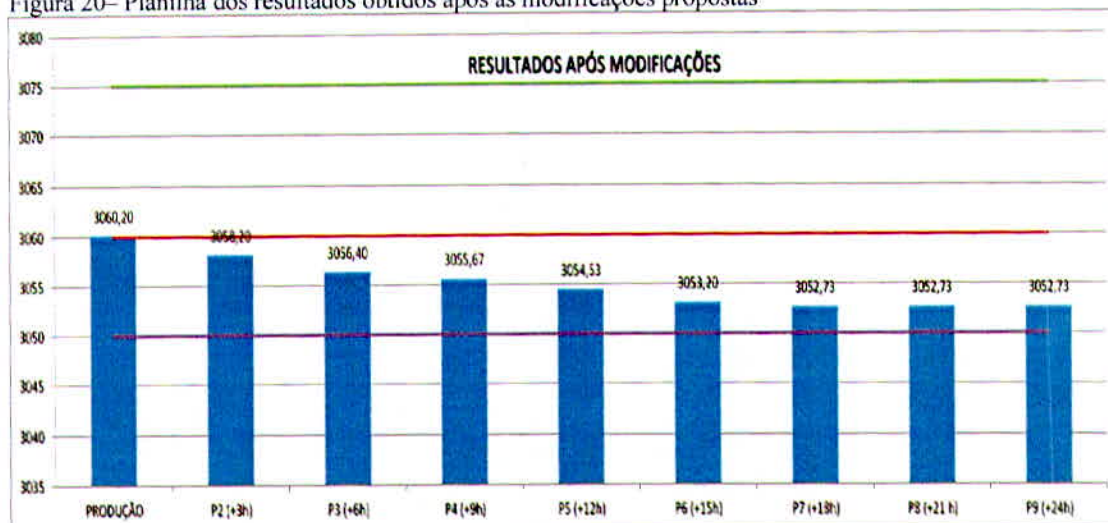
Após as modificações definidas como fundamentais na resolução do problema da variação dimensional, apresentada no item anterior, os primeiros testes foram satisfatórios, como pode ser observado na planilha e gráfico abaixo (figuras 19 e 20 respectivamente), a estabilidade dimensional se inicia por volta de quinze horas após o processo produtivo e esta taxa se mantém dentro dos níveis toleráveis.

Figura 19– Planilha dos resultados obtidos após as modificações propostas

AMOSTRAS	PRODUÇÃO	P2 (+3h)	P3 (+6h)	P4 (+9h)	P5 (+12h)	P6 (+15h)	P7 (+18h)	P8 (+21h)	P9 (+24h)
1	3057	3055	3053	3052	3051	3051	3051	3051	3051
2	3059	3057	3055	3054	3052	3051	3051	3051	3051
3	3062	3060	3058	3058	3056	3054	3053	3053	3053
4	3062	3061	3059	3059	3057	3055	3055	3055	3055
5	3059	3057	3055	3054	3053	3052	3051	3051	3051
6	3057	3055	3054	3054	3053	3052	3052	3052	3052
7	3063	3061	3059	3058	3057	3055	3055	3055	3055
8	3060	3057	3055	3054	3053	3052	3052	3052	3052
9	3062	3060	3058	3057	3056	3054	3053	3053	3053
10	3062	3059	3057	3056	3056	3054	3054	3054	3054
11	3059	3057	3056	3055	3054	3053	3053	3053	3053
12	3061	3059	3057	3056	3055	3054	3053	3053	3053
13	3060	3058	3057	3056	3055	3054	3053	3053	3053
14	3058	3057	3055	3055	3054	3053	3052	3052	3052
15	3062	3060	3058	3057	3056	3054	3053	3053	3053
MÉDIA	3060	3058	3056	3056	3055	3053	3053	3053	3053

Fonte: o Autor

Figura 20– Planilha dos resultados obtidos após as modificações propostas



Fonte: o Autor

5 CONCLUSÃO

O estudo acima apresentado teve fundamental importância na resolução de um problema real ocorrido em um projeto de uma grande montadora de automóveis no mundo, a variação dimensional em uma vedação de porta extrudada em borracha.

A elaboração das planilhas e todos os levantamentos aqui apontados e fundamentados teoricamente servem como parâmetros para que em novos projetos não ocorram reincidências deste problema ou minimize-se a sua recorrência e impactos, o que significa diretamente um menor impacto negativo no caixa da empresa e menores danos ambientais com a geração de uma menor quantidade de peças defeituosas. Outro fator relevante foi à quantidade de matérias e ferramentas de engenharia utilizadas no decorrer do estudo, umas já conhecidas outras com menor afinidade, o que proporcionou um grande aprendizado relacionado a estas ferramentas menos conhecidas e maior interação com as já mais familiarizadas.

O 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.

Os questionamentos do cliente, referentes a diferença dimensional encontrada na montagem dos carros realmente eram procedentes. As simulações feitas com os produtos em diferentes ambientes proporcionaram um melhor entendimento do comportamento destes produtos no processo produtivo, e através destas análises e testes que foi possível identificar a causa raiz do problema e propor uma solução para eliminação de sua recorrência.

Assim o presente estudo é encerrado com os objetivos centrais alcançados e a satisfação do aprendizado obtido em grandes áreas de engenharia como processo produtivo industrial e engenharia de materiais, e com plena certeza da abertura de um longo caminho de pesquisas e realizações no ramo automotivo.

REFERÊNCIAS

- CARMO, Danieli Diniz. **Recuperação de Borracha EPDM Vulcanizada: Estudo da Compatibilização e do Processamento**. (Tese, Mestrado em Ciências dos Materiais e Engenharia Química – Seropédica) Rio de Janeiro, 2008.
- WASILKOSKI, Cleusa Maria. **Comportamento mecânico dos materiais poliméricos**. (Tese, Doutorado em Engenharia e Ciência dos materiais – Universidade Federal do Paraná). Curitiba, 2007.
- COUTINHO, Fernanda M. B. Avaliação Reológica de Elastômeros e suas composições. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, p. 289-294, 2004.
- DEMEC/UFMG. Disponível em:
<http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema092/Documentos/APOSTILA_PARTE_II_cap_3_Paquimetro.pdf>. Acesso em: 02 outubro 2012
- FIAT AUTOMÓVEIS. *Fiat Auto Normazioane: NORMA 9.03119/01*, 1985, p. 14.
- GARBIM, V. J. **Borracha Etileno Propileno – Características compostos aplicações**. Tecnologia da borracha. Campinas: CENNE, 1997.
- GRANJEIRO, Rafael. **Revista Abende: Controle dimensional**. Rio Grande do Sul: ed. Terceiro Mundo, 2007.
- GIUCCI, Guillermo. **A vida cultural do automóvel. Percursos da modernidade cinética**. Rio de Janeiro: ed. Record, 2004.
- HOBBSAWM, Eric J. A Revolução Centenária. In: **A Era dos Impérios 1875-1914**. Rio de Janeiro: ed. Paz e terra, 1988.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia**. INMETRO, 2007.
- VOCABULÁRIO Internacional de Metrologia. 3. ed. São Paulo: IPQ, 2008.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF SYNTHETIC RUBBER PRODUCERS (IISRP). **Worldwide Rubber Statistics**. Houston, 1996.
- MARCONDES, Paulo. **Projeto de ferramentas para conformação de chapas**. Curitiba: DEMEC/UFPR, 2008
- MARCONDES, Paulo. **Extrusão**. Belo Horizonte: DEMEC/UFMG, 2008.
- MELO, Victor Andrade. **O automóvel, O automobilismo, e a Modernidade no Brasil (1891-1908)**. Campinas, 2008.

MORAES FILHO, Cassiano Antonio. Tendências mundiais para a indústria de elastômeros. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 11., 1996. **Anais...** Rio de Janeiro, 1996, 6 p.

PALMEIRA, Alexandre Alvarenga. **Processo de extrusão**. Resende: UERJ, 2005.

PARKER SEALS. **Manual de O'Ring - Catalogo 5700 BR**. São Paulo, 1997.

RIO, João. **Vida Vertiginosa**. São Paulo: Agir, 1911.

Santos Dumont por ele mesmo. Física na escola, v. 7, n. 2, 2006 Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a02.pdf>. Acesso em: 26 set. 2012>

SBRT – Serviço brasileiro de respostas técnicas. Disponível em: <<http://sbrt.ibict.br/>> Acesso em 03/10/2012.

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

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

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

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

THEISEN, Álvaro. **Fundamentos da Metrologia Industrial – Aplicação no Processo de Certificação ISO 9000**, Porto Alegre: ed. EDPUCRS, 1997.

WASILKOSKI, Cleusa Maria. **Comportamento mecânico dos materiais poliméricos**. (Tese, Doutorado em Engenharia e Ciência dos materiais – Universidade Federal do Paraná). Curitiba, 2007.