

N. CLASS.	m 678.2
CUTTER	M929c
ANO/EDIÇÃO	2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
MIKE GOMES DE MOURA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO: Estudo de caso para demonstrar a
eficácia da ferramenta CEP no processo produtivo de extrusão de borracha**

Varginha
2015

MIKE GOMES DE MOURA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO: Estudo de caso para demonstrar a
eficácia da ferramenta CEP no processo produtivo de extrusão de borracha**

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina Trabalho
de Conclusão de Curso I sob orientação do Prof. Me.
Marco Antônio Araújo.

Varginha

2015

MIKE GOMES DE MOURA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO: Estudo de caso para demonstrar a
eficácia da ferramenta CEP no processo produtivo de extrusão de borracha**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em ____/____/____

Prof. Esp. Marco Antonio Araújo

Prof. Me. Alexandre de Oliveira Lopes

OBS.:

Dedico este trabalho inicialmente a Deus, minha força nesta longa caminhada. A minha família, principalmente minha mãe, pelo exemplo e pelo apoio em toda esta trajetória. Finalmente aos meus colegas de sala, colegas de trabalho e professores que me auxiliaram na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Em todas minhas conquistas agradeço em primeiro lugar a Deus, nesta não seria diferente. Aos meus pais, meus irmãos e toda minha família e amigos por nunca me deixarem desanimar nesta caminhada. Agradeço com muito carinho aos professores que me orientaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

“Qualidade significa fazer certo quando
ninguém está olhando.”

Henry Ford

RESUMO

Este trabalho explana sobre o uso da metodologia de controle estatístico de processos – CEP, com objetivo de reduzir o índice de problemas de alta carga de compressão na guarnição de portas produzida por uma indústria de vedação automotiva. O estudo foi abordado devido ao fato de que foi constatada a oportunidade de melhoria no processo e um controle maior no produto produzido. A peça fora do especificado gera um custo adicional a empresa, no qual diminui a competitividade comercial e reduz a satisfação dos clientes. Será demonstrado a implementação da ferramenta na indústria desde o cronograma até o resultado final de satisfatório. O objetivo almejado com este trabalho é evidenciar que quando a ferramenta é corretamente aplicada, em qualquer ramo, aumenta a satisfação do cliente e reduz o número de reclamações.

Palavras-chave: CEP. Vedação Automotiva. Qualidade. Melhoria Contínua. MSA.

ABSTRACT

This paper explains about the use of statistical process control - SPC, in order to reduce the rate of deflection problems in the garrison doors produced by an automotive sealing industry. The study was covered due to the fact that it has contacted the opportunity to improve the process and greater control in the produced product. The part outside the specified generates an additional cost the company, which decreases the trade competitiveness and reduces customer satisfaction. The implementation tool in the industry will be demonstrated from the schedule until the outcome satisfactorily. The desired aim of this work is to show that when the tool is correctly applied in any branch, increases customer satisfaction and reduces the number of complaints.

Keywords: *SPC. Automotive Sealing. Quality. Continuous Improvement. MSA.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 CEP	10
2.1 Conceito do CEP	10
2.2 Causas de Variação.....	10
2.3 Cartas de Controle	11
2.4 Limites de Controle	11
3 MATERIAL DAS VEDAÇÕES PARA AUTOMOVEIS	12
3.1 Polímeros	12
4 MÉTODO	13
4.1 Cronograma de Implementação	13
4.2 Rastrear Causas de Variação	14
4.3 Seleção das cartas de controle	15
4.4 Estudo de Caso	17
4.5 Índice de Reclamações	20
5 CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIA.....	22

1 INTRODUÇÃO

Ao ser produzida uma peça de vedação de borracha, temos que levar em respeito todas as especificações descritas em desenho, como por exemplo a compressão. Uma guarnição de porta que contempla valor baixo de compressão pode gerar futuramente índices de infiltração de resíduos, como água, poeira entre outros. Quando temos nível de compressão alto, gera um esforço no fechamento da porta, que ao longo do tempo reduz a vida útil do item devido ao desgaste.

Devido ao processo de produção da guarnição ter muitas variáveis, tais como, matéria-prima, temperatura da extrusora, temperatura dos fornos, temperatura do tanque de resfriamento, velocidade do item ao ser produzido, ocasiona que a geometria está em constante transformação, e se faz necessário um nível maior de controle.

A saída proposta então é o Controle Estatístico de Processo (CEP), no qual os operadores de produção irão ser treinados para identificar características normais e especiais de variação, a fim de reduzir tais variações no processo produtivo.

2 CEP

2.1 Conceito do CEP

O CEP é uma ferramenta estatística da qualidade aplicada em processos produtivos com objetivo de fornecer dados para uma análise mais eficaz na prevenção ou detecção de problemas, portanto, favorece o aumento de produtividade da empresa diminuindo consumo de matéria-prima, tempo de produção mal aproveitado e aumentando a conformidade final do produto.

A ferramenta CEP é um conjunto de métodos estatísticos que visa a melhoria dos processos e produto utilizando maneiras simples de implementação. Historicamente no setor industrial, o hábito de controlar o produto é o mais usual por ser mais fácil, porém o foco do CEP é justamente a prevenção do erro, sendo basicamente controlar as características do processo gradualmente para que não se propague produto fora do especificado. Manual of SPC. Southfield: Automotive Industry Action Group, 2005.

2.2 Causas de variação

Em qualquer processo produtivo notamos que dois produtos fabricados em sequência não são iguais, isso acontece devido às fontes de variação que estão envolvidos, a variação entre eles pode ser grande ou pequena pois é diretamente proporcional ao grau de variação do processo.

As variações aparecem de duas formas, uma em curto prazo onde a diferença entre as peças produzidas é notada rapidamente ou podem ocorrer gradualmente, como de desgaste de ferramenta ou máquina, por este motivo o intervalo entre análises, ou seja, frequência entre validação de produto no processo é crucial para a resolução de problemas com o menor tempo gasto possível.

Existem dois tipos de causa de variação, a causa comum está ligada a variação pertinente ao seu processo, ou seja, é uma variação estável e repetitiva ao longo do tempo se tornando previsível. A causa especial por sua vez é imprevisível com isso a falha do produto final se torna inevitável.

O processo só pode ser chamado de estável ou sob controle quando só existem causas normais de variação agindo no mesmo, pois dessa forma estudos estatísticos podem ser aplicados e causas especiais são facilmente e rapidamente resolvidas. Manual of SPC. Southfield: Automotive Industry Action Group, 2005.

2.3 Cartas de controle

As cartas de controle foram desenvolvidas inicialmente pelo doutor Walter Andrew Shewhart na década de 20, seu objetivo é a centralização do processo visando maior uniformidade do produto final. Para iniciar a confecção da carta de controle existe a premissa de que o processo deve estar sob um estado de controle estatístico respeitando a curva de Gauss, ou seja, deve ser uma distribuição normal.

A confecção das cartas de controle é dividida em três etapas, sendo elas a coleta de amostra, cálculo dos limites de processo e quantificar as causas comuns e especiais de variação.

A carta de controle obrigatoriamente deve conter uma escala apropriada para que permita uma fácil visualização, limites de controle para que possa ser determinado pontos que sinalizam causas especiais, linha central que determinam padrões não aleatórios que ocasionam em uma causa especial, frequência de controle para verificar o intervalo de ocorrências e registro de eventos para evidenciar as fontes potenciais de variação e as ações tomadas para contenção das mesmas.

Para uma implementação eficaz das cartas de controle é imprescindível disciplina e treinamento para os usuários, deve ser deixado claro a importância da ferramenta e os benefícios que a mesma acarretará. SAMOHYL, R. W. Controle Estatístico de Qualidade – Editora Elsevier. Rio de Janeiro, 2009.

2.4 Limites de controle

Os cálculos dos limites de controle só podem iniciados após o processo estar sob controle, onde a variação do produto é reduzida. Os dados para os cálculos são baseados no estudo do processo produtivo, onde é realizada a coleta de amostra que a amostragem consiste em abranger todas as variações ainda existentes no processo. MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade. – LTC. Rio de Janeiro, 2004.

Figura 1: Fórmulas das cartas

Média do Subgrupo:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n};$$

n = número de amostras de um subgrupo

Amplitude do subgrupo:

$$R = x_{Max} - x_{Min} \text{ (dentro de cada subgrupo)}$$

Média Global:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k};$$

k = número de subgrupos usados para determinar a Média Geral e a Amplitude Média

Amplitude Média:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k};$$

Fonte: Manual CEP 2ª Ed.

3 MATERIAL DAS VEDAÇÕES PARA AUTOMÓVEIS

Um material muito utilizado na indústria no processo de extrusão para fabricação de vedações para automóveis é a borracha de etileno propileno dieno (EPDM).

Segundo a norma DIN 53501 as borrachas (matéria-prima) são polímeros não reticulados, mas reticuláveis (vulcanizáveis) e que são “rubber-elastic” à temperatura ambiente e, dentro de certos limites, em gamas adjacentes de temperatura. A temperaturas elevadas e/ou sob a influência de forças de deformação, a borracha, matéria-prima, mostra, de modo crescente, um fluxo viscoso que a torna capaz, sob condições adequadas, de sofrer processos de modelação. (GOMES, 2014, p. 1).

Segundo Gomes (2014, p. 1) “a borracha de etileno propileno dieno (EPDM), uma das borrachas muito utilizadas atualmente, pertence ao grupo genérico das borrachas de etileno propileno.”

3.1 Polímeros

Polímeros “são cadeias longas com unidades repetitivas de estrutura idêntica em vários tamanhos de cadeias.” (FRIED, 1995 apud CHECCHINATO, 2007, p. 12).

A palavra “polímero” vem do grego, significando “muitas partes”. Polímero é uma substância constituída de moléculas caracterizadas pela repetição de uma ou mais espécies de átomos ou grupos de átomos (unidades constitucionais) ligados uns aos outros em quantidade suficiente para fornecer um conjunto de propriedades que não variam acentuadamente com a adição ou a remoção de uma ou algumas unidades

constitucionais de suas moléculas (ANDRADE et al, 2001 apud CHECCHINATO, 2007, p. 12).

4 MÉTODO

Será apresentado um estudo de caso realizado numa peça de guarnição de borracha (EPDM) onde o problema da empresa era o alto índice de reclamações no cliente devido à alta carga de compressão gerando esforço excessivo no fechamento de portas.

Para avaliação dos resultados, será apresentado todo o trabalho realizado e índices de reclamação no cliente após implementação da ferramenta CEP.

4.1 Cronograma de implementação

Para a implementação da ferramenta se faz necessário o planejamento para que as ações sejam bem pensadas e executadas de forma eficaz.

É preciso verificar se o sistema de medição está definido corretamente, averiguar se o processo produtivo atual é o correto ou há necessidade de mudanças, identificar as fontes de variação do processo, levantamento de amostras para estudos de estabilidade e definição dos limites de controle, medir capacidade do processo, definir plano de reação e treinar os usuários da ferramenta.

Figura 2 - Cronograma de Implantação CEP

CooperStandard	CRONOGRAMA IMPLANTAÇÃO CEP - Step by Step																												% de Implantação		
	Atividade	Responsável	Fev/15				Mar/15				Abr/15				Mai/15				Jun/15				Jul/15								
			01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	
Adequação ao Uso para Equipamentos e Meios de Medição (M.S.A)	Mike Moura																														100%
Identificar se houve alterações recentes do processo	Mike Moura																														100%
Definir o Processo	Mike Moura																														100%
Implementar Cartas de Controle com Guard Band, como Ação de Contenção.	Mike Moura																														100%
Identificação dos Parâmetros de Variação Processo (Temperatura / Pressão / Velocidade , etc)	Mike Moura																														100%
Identificar Causas Comuns e Especiais do Processo	Mike Moura																														100%
Plano de Ação para eliminar as Causas Especiais de Processo e continuar monitorando as Causas Comuns.	Mike Moura																														100%
Levantamento Amostras Iniciais para determinação Limites Inferiores / Superiores de Controle (Participação dos Especialistas no processo)	Mike Moura																														100%
Medir Capabilidade do Processo (Pp / Ppk / Cp e Cpk)	Mike Moura																														100%
Procedimentar e definir claramente o Tamanho / Frequência e o Nº de SubGrupo de Coleta de Amostras	Mike Moura																														100%
Definir Plano de Reação para carta CEP / Treinar os envolvidos	Mike Moura																														100%
Monitoramento dos Resultados diários da Carta pelo Analista Qualidade	Mike Moura																														100%
Reunião Semanal de Análise Crítica para verificação de tendência da Capabilidade (Pp / Ppk / Cp / Cpk)	Time Multifuncional - Gerência Qualidade																														100%
LEGENDA		 Planejamento Execução Parâmetros Prontidão																												100,00%	
Elaborado Por : Mike Moura																Aprovado por : Adriano Feliciano															
		Data: 25/05/2015																													

Fonte: O autor.

4.2 Rastrear causas de variação

Para a rastreabilidade e definição das causas de variação, sejam elas comuns ou especiais, foi utilizado o FMEA (failure mode and effect analysis) que é um estudo sobre os modos de falha existentes no processo. Desta forma, conforme mostrado abaixo, a visualização de onde são provenientes as fontes de variação ficam de maneira mais compreensível.

Figura 3 - Variações de Processo

Processo	Modo de Falha	Efeito Potencial de Falha	Meio de Controle
Receber Matéria - Prima (EPDM + Pintura + Fita + String)	Receber Material Fora do Especificado (Propriedade Química/Física)	<i>-Alteração das propriedades do Produto.</i>	-Certificados Fornecedores -Malha 325 -Teste de Rheometria -Ponto de Fusão -Umidade -Dispersão -Resistência a Tração -Cinzas -Teor de Sólidos -Ponto de Fulgor -Viscosidade -Índice de Refração -Finos -Absorção de Água -Volume de Gás -Malha 100
Preparar Composto de Extrusão	Não Estufar o Polímero	- Má Dispersão dos Compostos <i>-Compressão Fora do Especificado</i>	Teste Mooney
	Contaminação do Misturador por outros Compostos	- Detritos <i>-Compressão Fora do Especificado</i>	-Limpeza Periódica durante a troca de composto -Teste de C-CHART em 100% dos lotes
Desbobinar / Conformar	Conformar Fora do Especificado	<i>-Variação de Dimensional</i> -Visual Insatisfatório -Dificuldade de Montagem	-Teste de Inserção-Extrusão -Inspeção de Geometria a cada 30 minutos
Vulcanizar o Perfil	Não Vulcanizar Compostos	<i>-Carga de Compressão fora do Especificado</i> -Afeta Função Primária	-Teste de Compressão a cada 2 Horas -Teste de Vulcanização no início de Turno -Registro na Ficha de Controle
Puxar Perfil	Puxar com Variação de Velocidade	<i>-Variação na Geometria do Perfil</i> -Marcas na área de Acabamento -Impossibilidade de Montagem	-Inspeção de Geometria a cada 30 minutos -Registro na Ficha de Controle
Forar Perfil	Perfuração Incorreta (Sem Perfurar, Foração Obstruída)	<i>-Dificuldade de Fechar as Portas do Veículo</i>	-Visual no Perfil -Verificação 100% -Registro a Cada 2 Horas
	Perfuração fora da Posição Especificada	<i>-Influência Negativa na Carga de Compressão</i>	-Visual no Perfil -Verificação 100% -Registro a Cada 2 Horas
Puxar Perfil	Puxar com Variação de Velocidade	<i>-Variação na Geometria do Perfil</i> -Marcas na área de Acabamento -Impossibilidade de Montagem	-Inspeção de Geometria a cada 30 minutos -Registro na Ficha de Controle

Fonte: O Autor

4.3 Seleção das cartas de controle

Conforme apêndice C do manual de CEP segunda edição, deve ser respeitado o tipo de processo a ser implementado as cartas de controle, pois dependendo do tipo de material processado e processo produtivo o tipo de carta varia.

Carta X-Barra & R, é utilizada quando é definido que o lote de material processado não é homogêneo, ou seja, há variação no processo produtivo e por consequência variação no produto final. A frequência de preenchimento da carta deve ser calculada para que consiga enxergar as variações de processos, e o tamanho da amostra de 4 a 5 itens.

Carta I-AM, é utilizada quando é definido que o lote de material processado é homogêneo, ou seja, em qualquer ponto do lote estudado teremos o mesmo resultado. A

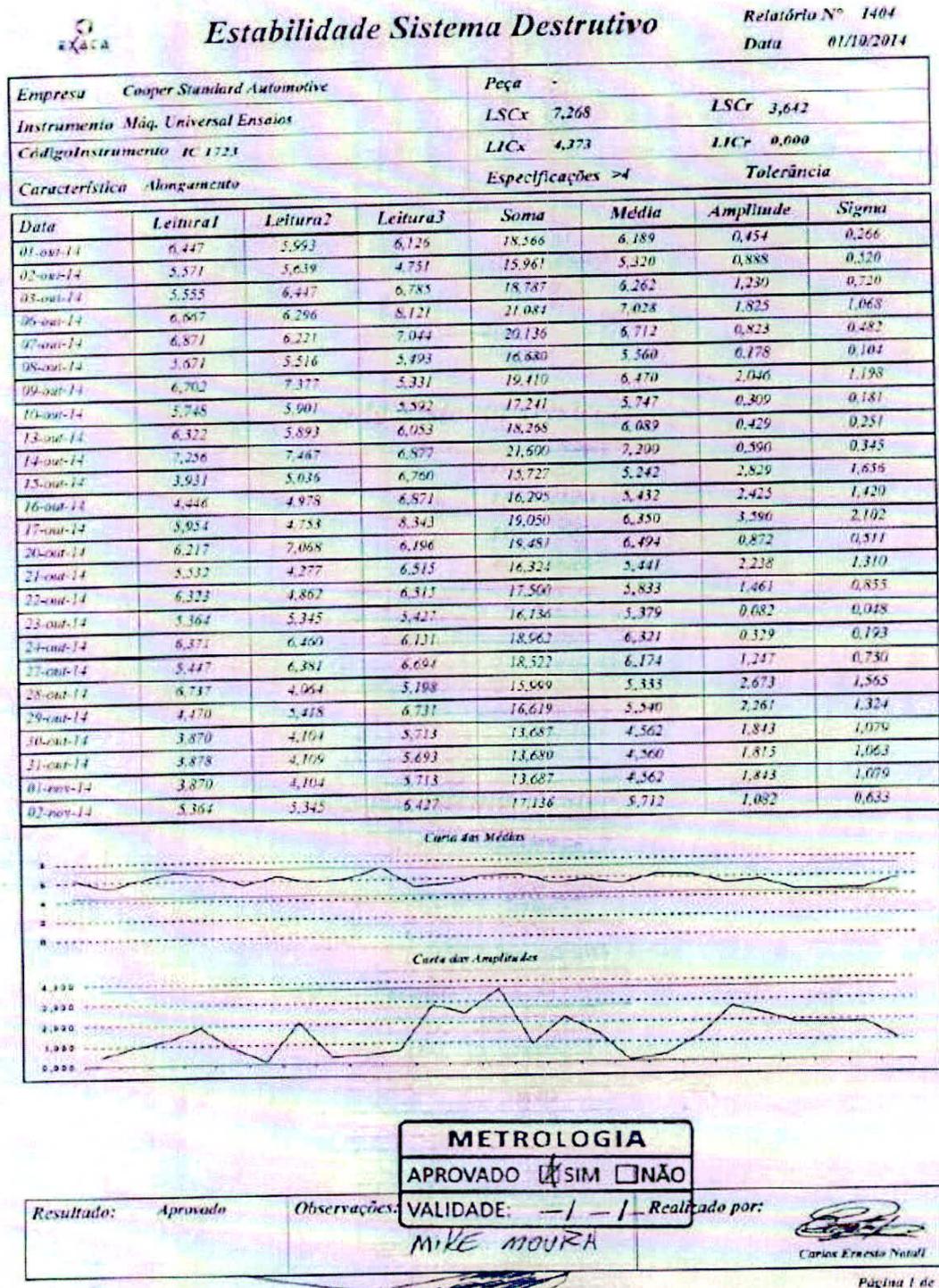
4.4 ESTUDO DE CASO

Para iniciar a implantação do CEP, devemos seguir alguns passos extremamente necessários, são eles:

- Conhecimento sobre o produto;
- Definição do processo produtivo;
- Identificação das variações de processo;
- Identificação das causas de variação comuns e especiais;
- Implementação das cartas de controle e plano de reação;

Iniciando os estudos, deve-se levar em conta a análise do sistema de medição (M.S.A.) para assim assegurar os resultados, por este motivo, foi realizado estudo de Estabilidade para tal confirmação.

Figura 5 – Estudo de estabilidade



Fonte: O autor.

Os testes de compressão foram realizados num dinamômetro calibrado, com célula de carga de 1KN e em laboratório com temperatura e umidade controladas. O dispositivo para a realização de testes é disponibilizado conforme desenho do cliente.

Figura 6 – Certificado de calibração

CERTIFICATE OF CALIBRATION

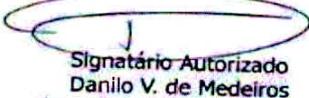
ISSUED BY : INSTRON CALIBRATION LABORATORY
 DATE OF ISSUE : 08-Dec-2014 CERTIFICATE NUMBER: 14120305MC


 Page 1 of 4



Equipamentos Científicos INSTRON Ltda
 Al. Tocantins, 280
 Alphaville, Barueri, SP 06455-020
 Telephone: +55 11 4689-5480
 Fax: +55 11 4689-5491

APPROVED SIGNATORY


Signatário Autorizado
Danilo V. de Medeiros

Type of Calibration: Displacement
Relevant Standard: ASTM E2309/E2309M-05(2011)e1
Date of Calibration: 03-Dec-2014 TC 12639

Customer CooperStandard
 Av. Manoel Vida, 1000
 Varginha, MG 37062-460

P.O. Number : 1342351M
 Contact : Walter Sangiorgi

Machine

Serial No : U4520
 Make : INSTRON
 Model : 3367

Readout Verified

I. Digital Readout (mm)

Certification Statement

This certifies that the displacements verified with machine indicator I (listed above) were verified by Instron in accordance with ASTM E2309-05 (Follow-the-Displacement Method) and Instron work instruction PTEC-003.

The testing machine was verified on-site at customer location. Adjustments are noted in the comments section of this report with a reference to the "As Found" data.

The verification and equipment used conform to a controlled Quality Assurance program which meets the specifications ISO/IEC 17025:2005. The Instron measurement equipment used for verification is traceable to S.I.

Verification performed by comparing values measured in Linear Displacement Transducer mounted on the testing machine crosshead and values collected in the machine indicator.

Summary of Results

Indicator I- Digital Readout (mm)

Verified Range (mm)	Max Error (mm)	Max Error (%)	Max Repeat Error (mm)	Max Repeat Error (%)	System Class*	Resolution (mm)	Resolution Class	ASTM Lower Limit (mm)
25 - 250	0.0195	0.014	0.0026	0.005	A	.0001	A	25

*System Class is derived from assessment of the following: error, repeatability, resolution, and standard device classification.
 The Verified Range of Displacement includes only those displacements which are greater than or equal to the ASTM Lower Limit.

The results indicated on this certificate and the following report relate only to the items verified. Any limitations of use as the result of this verification will be indicated in the comments. This report shall not be reproduced, except in full, without the approval of Instron.

CalproSDS version 3.9



METROLOGIA

SIM NÃO

312115

Fonte: O autor

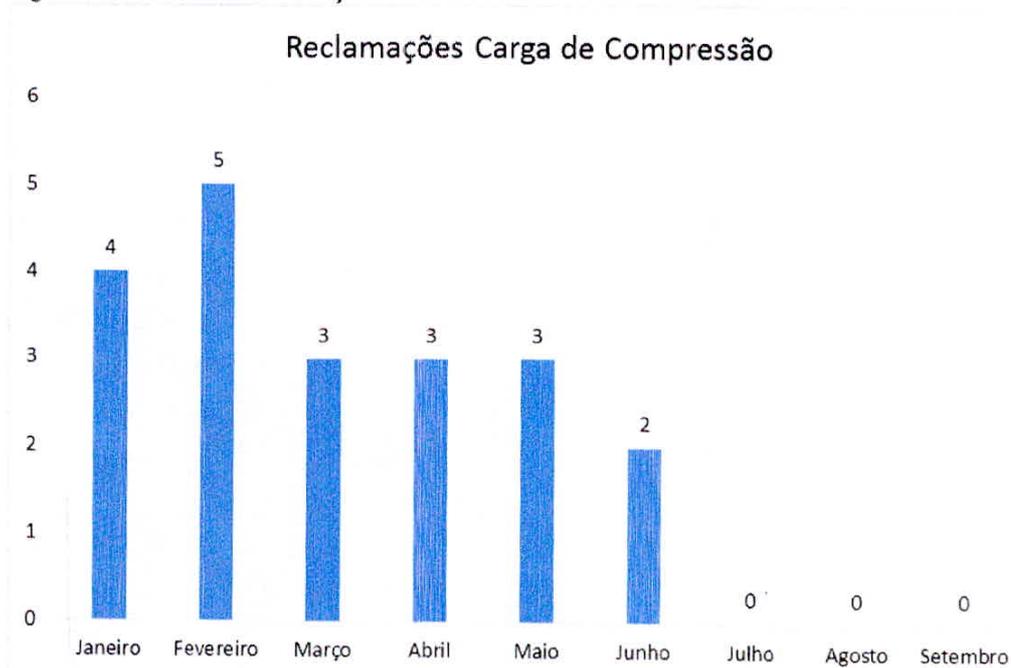
É importante estudar acerca do material que estará sendo analisado, se há variações após a produção, como por exemplo, os poros da borracha após seu período de descanso tendem a reduzir de tamanho, por sua vez sua densidade aumenta e fica mais rígida ocasionando um aumento significativo na carga de compressão da mesma.

O foco deve ser eliminar as causas especiais de variação do processo, que são as variações que não ocorrem de maneira aleatória e reduzir as causas normais de variação do processo, que são variações que fazem parte de seu processo produtivo.

4.5 Índice de Reclamações

Após a implementação do CEP no processo produtivo o índice de reclamações referente a carga de compressão na guarnição reduziu a 0. A satisfação de nossos clientes aumentou significativamente em relação a diminuição de reclamações.

Figura 7 – Indicador de Reclamações



Fonte: Sistema da Qualidade Cooper Standard.

5 CONCLUSÃO

Com este trabalho conclui-se que o objetivo de reduzir os problemas de alta carga de compressão em uma empresa automotiva foi reduzido confortavelmente utilizando a ferramenta CEP, garantindo assim a qualidade para o cliente. Com todo o trabalho realizado, percebemos que o nível técnico dos colaboradores da empresa aumentou, devido a necessidade de conhecimento para a resolução de problemas.

Pudemos perceber que ao implementar a ferramenta, a disciplina dentro da fábrica aumentou, onde os colaboradores notaram a importância de uso de ferramentas da qualidade, anteriormente tais ferramentas eram vistas como algo apenas burocrático e agora a percepção é que quando bem utilizadas as ferramentas elas auxiliam demais todos os setores dentro de uma instituição.

Com isto, a mentalidade de melhoria contínua dentro de todos se torna algo necessário, e a instituição só tem a ganhar com isto, pois melhora a competitividade comercial de seus produtos.

REFERÊNCIAS

AIAG. Manual of SPC. Southfield: Automotive Industry Action Group, 2005.

FEIGENBAUM, A. V. Controle da Qualidade Total, Vol 3, Makron Books, São Paulo, 1994.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. Gestão da Qualidade. 10. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2010.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade. – LTC. Rio de Janeiro, 2004.

PALADINI, E. P. Gestão da qualidade. Teoria e Prática, 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2004.

SAMOHYL, R. W. Controle Estatístico de Qualidade – Editora Elsevier. Rio de Janeiro, 2009.

S. Dick, John. How to improve Rubber Compounds. Ed. Hanser, 2004.