

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABIANO RAMOS GEMIN

APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE  
PROCESSO NO CONTROLE DE DUREZA DA BORRACHA APÓS A ETAPA  
DE VULCANIZAÇÃO

CURITIBA  
2015

FABIANO RAMOS GEMIN

APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE  
PROCESSO NO CONTROLE DE DUREZA DA BORRACHA APÓS A ETAPA  
DE VULCANIZAÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de produção, turma 2014 da, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Walter Nikkel

CURITIBA  
2015

# Aplicação de conceitos de controle estatístico de processo no controle de dureza de borracha após a etapa de vulcanização

Fabiano Ramos Gemin - (UFPR) – fabiano.gemin@yahoo.com.br

## Resumo:

O artigo em questão visa apresentar alguns conceitos de Controle Estatístico de Processo (CEP) e sua aplicação como ferramenta de gestão para atuar de forma preventiva nos mais diversos tipos de processos de manufatura, uma vez que objetiva eliminar causas não esperadas de variação e trabalhar somente com variações inerentes ao processo. O processo de vulcanização de borracha natural e sua principal característica, a dureza superficial do material, é o objeto de estudo utilizado para evidenciar a relevância do controle de um processo para fabricação de diafragmas de válvulas. Desta forma, também é fundamental apresentar como um composto de borracha é vulcanizado.

**Palavras chaves:** Controle Estatístico de Processo (CEP); Estabilidade de Processo; Variação de Processo; Capabilidade do Processo; Dureza de Borracha; Vulcanização.

## Abstract

The article aims to present some concepts of Statistical Process Control (SPC) and its application as a management tool to act preventively in a wide variety of manufacturing processes as well as it aims to eliminate unexpected causes of variation and work only with inherent variations in the process. The vulcanization process of natural rubber and its main characteristic, which is the surface hardness of the material, is the object of study used to demonstrate the relevance of the process control to manufacturing diaphragms of valves. Thus, it is also necessary to show how a rubber compound is vulcanized.

**Key words:** Statistical Process Control (SPC); Process Stability; Process Variation; Hardness of rubber; Vulcanization.

## **1. Introdução**

Desde o período pós-segunda guerra mundial e principalmente nos dias de hoje, as empresas possuem menor margem para erros e, conseqüentemente, precisam buscar incessantemente eliminar desperdícios e reduzir seus custos de fabricação. Sendo assim, diversas ferramentas e estratégias de gestão foram desenvolvidas e aperfeiçoadas com objetivo único de melhoria contínua dentre as quais está o Controle Estatístico de Processo (CEP).

O CEP é uma ferramenta que tem por finalidade desenvolver e aplicar métodos estatísticos como parte de nossa estratégia para prevenção de defeitos, melhoria da qualidade de produtos e serviços e redução de custos (PORTAL ACTION, 2015). Isso permite eliminação de causas especiais de variação, além de inspeção por amostragem de características críticas com risco mínimo da detecção de resultados fora das especificações, visto que as causas comuns de variação são controladas. Portanto, o CEP permite conduzir um processo para melhor utilização de recursos e principalmente para garantir a qualidade final do produto.

Neste estudo, investiga-se a implantação do CEP no processo de vulcanização de borracha natural, por meio do controle da dureza superficial do material em componentes de vedação de válvulas industriais na cidade de São José dos Pinhais no estado do Paraná,

## **2. Qualidade e a ferramenta CEP**

Embora existam vários conceitos para definição do termo Qualidade, o que se espera neste aspecto, é que o produto ou serviço em questão atenda plenamente a necessidade do cliente, principalmente ao longo do tempo. Desta forma, a observação das expectativas do usuário se torna uma constante, não somente para sua satisfação no momento em que estará recebendo o produto, mas principalmente pelo seu adequado desempenho durante certo período de tempo, passando uma sensação de confiabilidade a quem faz seu uso. Quem descreve esta afirmação de maneira bastante clara e objetiva é Campos (1992, p. 3), quando define qualidade como sendo “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente”.

Um produto ou serviço que atende adequadamente as especificações de qualidade é imediatamente percebido não só pelo cliente que está fora da empresa, mas também se reflete dentro da organização através da melhoria na eficácia dos seus processos interno.

Há uma crescente consciência de que bens e serviços de alta qualidade podem dar a uma organização uma considerável vantagem competitiva. Boa qualidade reduz custos de retrabalho, refugo e devoluções e, mais importante, boa qualidade gera consumidores satisfeitos. Alguns gerentes de produção acreditam que, a longo prazo, a qualidade é o mais importante fator singular que afeta o desempenho de uma organização em relação a seus concorrentes (SLACK, 2002, p. 549).

Quando se fala na palavra qualidade não se deve simplesmente pensar em fornecer produtos ou serviços ao cliente de acordo com as suas exigências, mas também envolver este conceito com a gestão da organização, ou podemos chamar de gestão da qualidade, com o objetivo de gerenciar e controlar todos os processos internos de uma organização.

A estrutura e o funcionamento do processo de Gestão da Qualidade envolvem um conjunto de referenciais que direcionam todas as suas ações. Os mais relevantes, é evidente, referem-se à forma como se entende qualidade, ou seja, o conceito de qualidade adotado em cada organização (PALADINI, 2000, p. 11).

Como exemplo, pode-se citar o serviço oferecido por um restaurante a um determinado cliente que está se tornando fidelizado. Por mais que este cliente tenha saído satisfeito do restaurante algumas vezes, uma única vez que o serviço não atenda aquilo que se esperava, é bastante provável que ele não retorne mais a este local. Portanto, a estabilidade do processo ao longo do tempo é fundamental, pois reduz grandes variações que podem causar situações como esta.

É neste contexto que uma ferramenta da Qualidade ligada a estatística surge para adotar uma abordagem preventiva para redução de defeitos e, por conseguinte, aumentar a confiabilidade do processo. O controle estatístico do processo (CEP) inicialmente promove a eliminação de causas não esperadas ou especiais de variação

e o controle somente causas inerentes ou comuns estejam presentes ao longo do processo.

Uma vez que as variáveis importantes tenham sido identificadas e a natureza da relação entre elas e a saída do processo tenha sido quantificada, então uma técnica estatística on-line de controle de processo para o monitoramento e inspeção do mesmo pode ser usada com considerável eficiência. Técnicas tais como gráficos de controle podem ser usadas para monitorar a saída do processo e detectar quando são necessárias mudanças nas entradas para trazer o processo de volta a um estado sob controle (MONTGOMERY, 2004, p. 9).

O processo que esteve em estudo envolve a vulcanização de borracha natural em elementos de vedação de válvulas, em específico, diafragmas para válvulas industriais de diafragma, que são componentes dinâmicos que atuam em constante movimento e, portanto, a dureza do material está entre as principais características que garantem uma vida útil adequada à peça durante sua aplicação em campo.

### **3. Processo de Vulcanização**

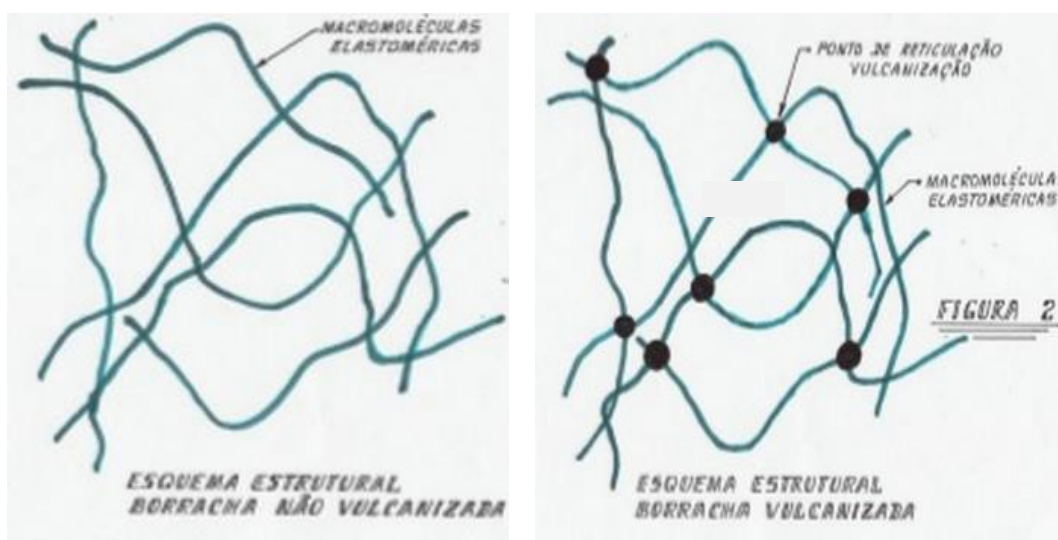
Para que ocorra uma mudança de estado físico do composto de borracha natural cru que se deforma plasticamente (de forma permanente) e possui textura pegajosa, para o material elástico conhecido em diversas aplicações, que depois de submetido a esforços retorna à condição inicial que é uma característica básica na aplicação do diafragma, é preciso que a borracha sofra um processo transformação denominado de vulcanização.

As cadeias moleculares da borracha natural são caracterizadas por não serem tão rígidas como materiais sólidos, mas também não são tão fluídos como os líquidos, permitindo na sua aplicação um comportamento maleável e com boa resistência a esforços mecânicos, fadiga física e ótima capacidade de vedação, que são fundamentais para diafragmas que trabalham em meios abrasivos, como mineração, por exemplo.

Mas para que o processo de vulcanização realize a mudança de estado físico no composto de borracha é necessário fazer uso de três fatores de fabricação: temperatura alta, pressão de compressão e tempo decorrido nestas condições.

Somente essa combinação permite a mudança de estado da borracha, passando de plástico deformável para elástico.

Para que se possa entender de forma simplificada o efeito físico-químico provocado nas moléculas em estado cru durante a vulcanização, pode-se imaginar sua estrutura como um emaranhado de cordas, onde estas cordas deslizam entre si sem que haja nenhuma ligação (amarração) que se unam. Na figura 1 é possível visualizar que após o fenômeno da vulcanização, as moléculas se reticulam formando amarrações e ligações entre si, transformando a cadeia molecular numa grande rede.



Fonte: Adaptado pelo Autor

Figura 1. Estrutura molecular da borracha

Essa alteração de estado faz com que a borracha não mais se deforme permanentemente quando submetida a esforços, mas sim que apresente comportamento elástico tanto para cargas de compressão como de tração, dentro de um certo limite de especificação. A vulcanização converte um emaranhamento viscoso de moléculas com longa cadeia numa rede elástica tridimensional, unindo quimicamente (reticulação) estas moléculas em vários pontos ao longo da cadeia (GOMES, 2015).

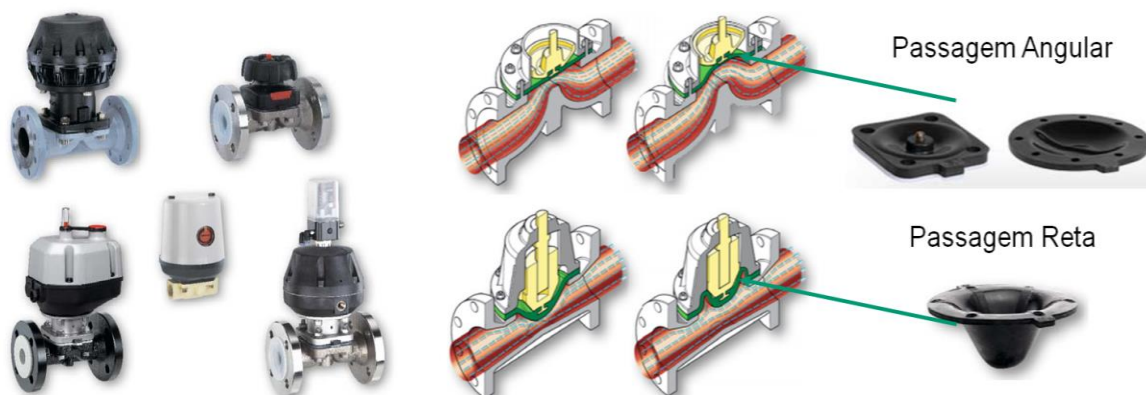
No caso específico da fabricação dos diafragmas a borracha é disposta em moldes onde é comprimida em prensas que possuem platôs aquecidos por resistência elétrica e que trocam calor com os moldes. O controle do tempo de vulcanização é

realizado por relógios temporizadores que somente contabilizam o período que o produto está sendo pressionado.

#### 4. A Função do Diafragma na Válvula

Como todo produto que se denomina como válvula, o modelo de válvula de diafragma tem como principal função o controle de vazão de fluido, por simples atuação de abertura e fechamento ou pelo controle do fluxo deste fluido. O segmento de atuação estará direcionado às válvulas industriais, onde em geral, o acionamento destas válvulas é feito de forma manual, pneumático ou elétrico, conforme disposto na figura 2, enquanto que o diâmetro nominal de passagem do fluido varia de ½ a até 20 polegadas.

Dentre as características de aplicação, as válvulas de diafragma são adequadas para fluidos líquidos e gasosos, neutros e corrosivos, além de ser insensível a fluidos com alto teor de sólidos (partículas) em suspensão. Propriedades químicas e físicas do fluido de trabalho tem uma influencia direta na seleção do material dos componentes da válvula (GEMU, 2015). Portanto, para abranger esta grande variação de aplicações, existem diversas composições de material do corpo, do diafragma e outros componentes da válvula, assim como existem diversas configurações construtivas e de material disponíveis no mercado.



Fonte: Catálogo de produtos Gemü Válvulas

Figura 2. Tipos de válvulas de diafragma e configuração construtiva

O diafragma em si, possui como função principal a vedação da válvula. Há uma grande variedade de compostos de elastômeros para fabricação deste componente,

que variam da borracha natural para diversos outros tipos de borrachas sintéticas. Neste caso, será avaliado o comportamento de um composto de borracha natural que usualmente é aplicado em fluídos inertes e com alto grau de abrasividade. Na figura 3 estão dispostos alguns modelos de diafragma, que muito embora apresentem diferenciação em sua geometria tem a mesma função no interior do conjunto, ou seja, vedação e controle do fluído.



Fonte: Catálogo de produtos Gemü Válvulas

Figura 3. Modelos de diafragmas de borracha

Devido ao contato direto com o meio e a função direta de vedação, o diafragma é conhecido entre os fabricantes como o coração da válvula. Portanto, o controle dos parâmetros do processo de fabricação deste componente é fundamental para que se mantenha o desempenho esperado em campo, isso porque se este diafragma romper antes do tempo especificado ou esperado pelo seu usuário, a válvula pode ser caracterizada como de baixa qualidade.

Embora o resultado deste desempenho do diafragma em uso também dependa da correta fabricação do composto por parte do fornecedor da borracha, assim como depende das condições de utilização no cliente final, uma forma rápida, eficaz e não destrutiva de verificação das condições do material após vulcanização é o controle da dureza. Este é um parâmetro fundamental que se estiver dentro dos limites de engenharia deve garantir o alcance de bons resultados durante o uso.

## **5. Desenvolvimento – Adequação ao Processo de Fabricação**

Após a abertura do molde e retirada da peça, o diafragma é rebarbado, inspecionado visualmente e permanece resfriando a temperatura ambiente. Após o

período de tempo necessário para que a peça esteja fria (isso depende do tamanho do diafragma), verifica-se a dureza da borracha por meio do uso de um durômetro Shore A. A escala de dureza Shore A vai no máximo até 100, onde são classificadas as borrachas abaixo de 40 como muito macias, enquanto que as acima de 90 como muito duras.

A borracha natural em questão, tem especificado a dureza de 55 Shore A que a classifica como uma borracha macia. Isso se faz necessário pelo fato de que o diafragma em geral trabalha em constante movimento e porque materiais abrasivos em um fluido tendem a provocar menor desgaste nas superfícies que mantêm contato, já que uma vez que estes sólidos se chocam com a borracha são imediatamente repelidos.

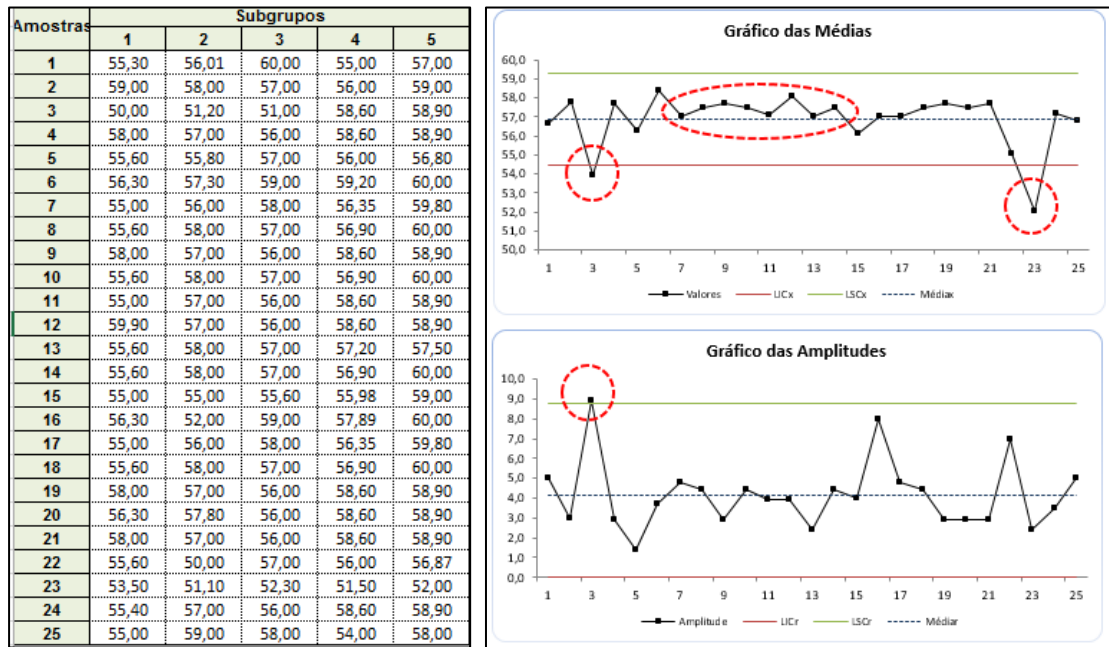
No entanto, ao longo do processo produtivo, além de ser necessária a medição da dureza em 100% das peças produzidas, eventualmente eram encontrados diafragmas fora da especificação, gerando necessidade de testes adicionais para aprovação sob desvio do cliente ou do departamento de Engenharia, ou até da reprovação definitiva da peça.

### **5.1 Aplicação da metodologia**

De posse deste cenário, decidiu-se avaliar o comportamento do processo com objetivo de identificar possíveis causas de variação e que ações seriam necessárias para minimizar estes efeitos. Com o apoio da equipe de Controle de Qualidade realizou-se uma coleta de dados do processo ao longo de alguns dias e os dados foram lançados em uma carta de controle de médias e amplitudes ( $\bar{X}$  e R) conforme disposto na figura 4.

Os limites de controle no gráfico das médias são definidos pelo valor da média aritmética das médias de cada um dos 25 subgrupos de 5 amostras somados (para limite superior) ou subtraídos (para limite inferior) do produto da média das amplitudes e o fator de correção  $A_2$  (0,577 para amostras de tamanho 5). Para o gráfico das amplitudes o limite inferior de controle é igual a zero, pois se todos os valores do subgrupo forem iguais, não haverá variação de medidas e o resultado da diferença de dois valores iguais é zero. Já o limite superior de controle é definido pela média das

amplitudes de cada subgrupo multiplicado pelo fator de correção  $D_4$  (2,114 para amostras de tamanho 5).



Fonte: Compilado pelo autor

Figura 4. Planilha CEP – processo anterior

O gráfico de controle de CEP, já de início, mostra que o processo não está sob controle estatístico. Pontos fora dos limites de controle na carta das médias e também das amplitudes mostram que causas especiais de variação estão afetando o processo. Da mesma maneira, ainda na carta das médias é possível identificar uma corrida caracterizada neste caso por 8 pontos ou mais acima da média, o qual também mostra que o processo não está sob controle.

Talvez a forma mais comum de saber a capacidade do processo de fabricação atender a especificação de engenharia (neste caso  $55 \pm 5$  Shore A) é através dos índices de  $C_p$  e  $C_{pk}$ . O  $C_p$  divide a amplitude de tolerância por  $6\sigma$  e, portanto, não considera a centralização do processo. Já o  $C_{pk}$  vale o menor valor entre o limite superior de especificação subtraído pela média das médias ou a média das médias subtraído do limite inferior de especificação, com ambas divididas por  $3\sigma$ . Embora a literatura recomende que não se deve avaliar a capacidade de um processo instável,

vale registrar que com este conjunto de dados o processo alcançou um  $C_p$  de 0,93 e um  $C_{pk}$  de 0,58, sendo que o recomendável seria um mínimo de 1,33.

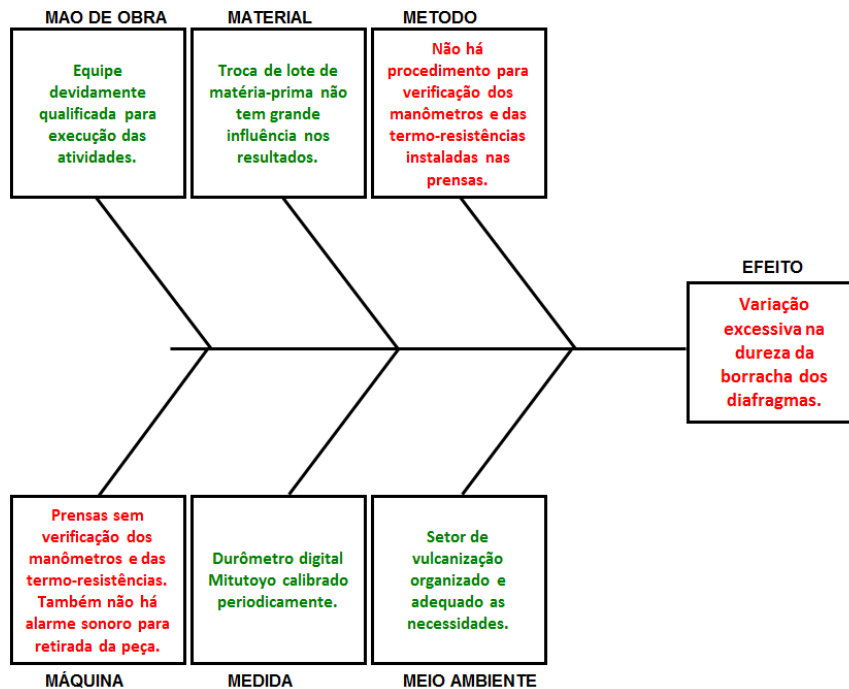
É a partir deste momento que se inicia um processo de investigação das possíveis causas de variação do processo. As causas especiais são as mais perceptíveis, no entanto, ainda se faz necessário estabelecer uma sequência de investigação ou fazer uso de uma ferramenta, como por exemplo, o diagrama de causa e efeito elaborado por Ishikawa.

O diagrama de causa e efeito (Ishikawa) é uma ferramenta bastante eficaz e de fácil compreensão para a investigação e identificação da causa-raiz de problemas. (OLIVEIRA, 1996) descreve o diagrama como “representação gráfica que permite a organização das informações, possibilitando a identificação das possíveis causas de um determinado problema ou efeito”.

Também pelo seu formato, a ferramenta pode ser denominada como “espinha de peixe”, pois apresenta representação semelhante na forma de ordenar as possíveis causas e o efeito do problema no local onde seria a cabeça do peixe.

Quando o problema em questão é colocado em pauta, pergunta-se se a causa do problema pode ter sido originada dentro de qualquer um dos 6M's (método, material, medição, mão-de-obra, máquina e meio ambiente), visando sempre qual o efeito ou o que acontece quando o problema ocorre.

Embora diversos aspectos tenham sido discutidos nesta análise da equipe alguns aspectos chamaram a atenção pelo fato de não exercer grande influência no resultado da variação da medição da dureza como na troca de lotes de matéria-prima onde os valores praticamente não se alteram, considerando que o equipamento utilizado está entre os melhores do mercado, durômetro digital da marca Mitutoyo, devidamente calibrado em laboratório que faz parte da rede brasileira de calibração.



Fonte: Compilado pelo autor

Figura 5. Diagrama de causa e efeito (espinha de peixe)

Entretanto, alguns outros fatores tomaram destaque quando se tomou uma avaliação mais detalhada dos parâmetros do processo de vulcanização. Pressão, temperatura e tempo estavam sendo controlados, mas com certa dependência das pessoas que atuam no processo e sem uma maior garantia que os dados visualizados estavam corretos. A partir daí, inicia-se um trabalho de melhoria para garantir o atendimento as especificações de processo.

A pressão de compressão dos moldes é realizada por um sistema hidráulico monitorado por um manômetro analógico na saída da válvula de acionamento do pistão hidráulico. A pressão aplicada no molde durante a vulcanização era orientativa, ou seja, não havia uma especificação clara para cada peça produzida. Além disso, os manômetros não estavam calibrados e, portanto, não havia garantia de que o valor lido estava correto. Assim definiu-se por estabelecer uma especificação para pressão em uma ficha de processo, assim como de fazer a comparação periódica dos manômetros com uma bancada e um manômetro padrão.

Na checagem da temperatura de vulcanização identificou-se uma das maiores diferenças em relação às especificações de processo. Cada termo-resistência possui

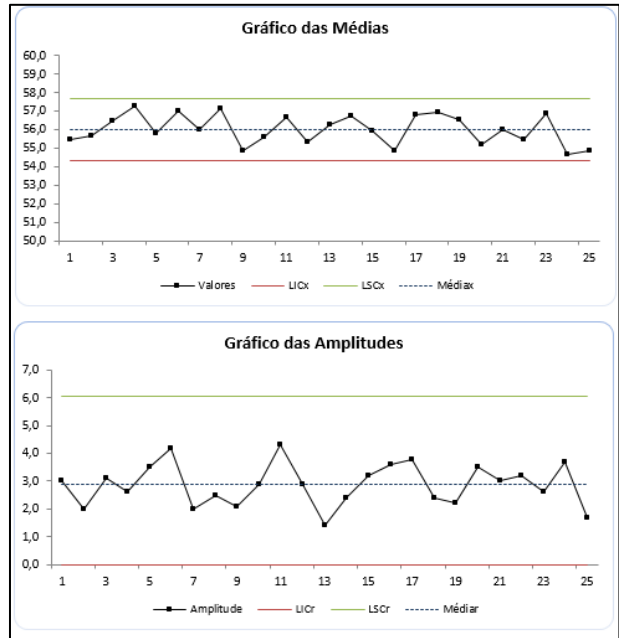
um indicador digital com o valor definido e outro com o valor medido da temperatura. Iniciou-se então a verificação semanal com uma termo-resistência padrão periodicamente calibrada, onde algumas necessitaram ser substituídas dada a diferença entre o equipamento da prensa e o padrão.

Por fim, cada equipamento possuía seu devido medidor de tempo, onde no início da prensagem o relógio inicia uma contagem regressiva do tempo de vulcanização definido para cada peça. No entanto, não havia qualquer aviso por parte do equipamento no momento em que se encerrava o tempo de vulcanização, fazendo com que em alguns casos a peça permanecesse mais tempo do que o necessário dentro do molde aquecido, já que no geral apenas dois operadores trabalham em sete prensas. Desta forma, foram instalados alarmes sonoros em cada prensa, os quais são acionados quando o temporizador é zerado, fazendo com que o operador do equipamento identifique imediatamente qual molde finalizou seu ciclo de fabricação e deve ser retirado da prensa.

## **5.2 Resultados alcançados**

Após pôr em prática estas ações com o envolvimento da equipe de produção de diafragmas, foi realizada uma nova coleta de dados da dureza superficial de cada peça nos mesmos moldes do estudo inicial. O resultado mostra uma grande evolução no resultado, como pode ser visualizado na figura 6. Não são identificados novos indícios de instabilidade no processo como tendência, corrida ou pontos fora dos limites de controle, conseqüentemente, causas especiais de variação foram removidas do processo.

Amostras	Subgrupos				
	1	2	3	4	5
1	55,30	56,01	54,00	55,00	57,00
2	56,00	54,50	55,20	56,00	56,50
3	54,50	57,00	56,00	57,60	57,20
4	58,00	57,00	56,00	58,60	56,90
5	55,60	53,50	57,00	56,00	56,87
6	56,30	54,80	59,00	57,80	57,10
7	55,00	56,00	57,00	56,35	55,80
8	55,60	58,00	57,00	56,90	58,10
9	53,90	54,00	56,00	54,90	55,50
10	55,60	55,20	54,00	56,90	56,30
11	54,00	57,00	56,00	58,30	57,90
12	55,70	56,80	56,00	53,90	54,30
13	55,60	55,80	57,00	56,00	56,80
14	55,60	58,00	57,00	56,90	56,30
15	55,00	55,00	55,60	55,90	58,20
16	55,80	53,20	54,50	56,80	54,20
17	55,00	56,00	58,00	56,30	58,80
18	55,60	58,00	57,00	56,90	57,30
19	58,00	57,00	56,00	55,80	55,90
20	54,80	53,70	56,00	54,40	57,20
21	56,10	57,00	56,00	54,00	56,90
22	55,60	53,60	55,40	56,00	56,80
23	56,10	57,00	56,00	58,60	56,60
24	52,90	54,50	56,60	54,30	55,20
25	55,00	54,00	55,00	55,70	54,80



Fonte: Compilado pelo autor

Figura 6. Planilha CEP – processo atual

Como o processo estável é importante avaliar capacidade do processo com o intuito de identificar a capacidade do processo em atender a especificação. E o conjunto de dados coletados mostra um Cp de 1,35 e um Cpk de 1,07 o que diminui em muito a probabilidade de produção de diafragmas fora da especificação de dureza. Como a média dos valores está em 56 Shore A, o próximo passo pode ser a busca para que esta média fique mais próxima do valor nominal da especificação que é de 55 Shore A. Isso deixaria o valor do Cpk mais próximo do Cp, os quais se forem igual ou maior que 1,33 fazem com que a probabilidade de produção de peças dentro da especificação seja de 99,9937%, índice considerado bastante satisfatório para o processo em questão.

## 5. Conclusão

Muito embora a ferramenta de controle estatístico de processo seja bastante difundida e até certo ponto obrigatória em alguns mercados, como exemplo disso pode-se citar a indústria automotiva, é bastante positivo poder identificar que simples conceitos de CEP podem ser perfeitamente implementados em outros segmentos e processos de fabricação como neste caso a vulcanização de borracha natural, inclusive trazendo resultados bastante satisfatórios para a empresa e o negócio como um todo.

Os conceitos estatísticos na utilização de um programa de CEP são de certo modo simples do ponto de vista de aplicação e compreensão, no entanto proporcionam uma visualização mais clara da necessidade de melhoria, que não necessariamente precisa envolver grandes investimentos para que proporcionem melhores resultados. Como recomendação para trabalhos futuros podem ser utilizados conceitos mais avançados de estatísticas, mas dentro daquilo que se propõe a organização naquele momento, o ganho na garantia de qualidade do produto é notório do ponto de vista de redução de custo (uma vez que índices de refugo e retrabalho são diminuídos) e redução na possibilidade de expedir um produto fora de especificação, conseqüentemente, menos reclamação e / ou devolução de clientes.

O fato é que cada vez mais as empresas estão obrigadas a errar menos. Isso vai desde a impressão de um formulário errôneo que gere a necessidade de uma nova impressão do documento, até a produção de um lote inteiro de produtos fora de especificação gerando um grande volume de refugo devido a uma falha no processo de fabricação ou de detecção por parte do controle de qualidade. Portanto, quaisquer “armas” que estejam disponíveis às organizações para evitar possíveis falhas nos processos internos devem ser difundidas e aplicadas na sua estrutura, até porque se isso não trazer uma vantagem competitiva em relação a concorrência, pelo menos deve evitar que a empresa fique um passo atrás da concorrência na corrida por um espaço maior no mercado.

## Referências

- CAMPOS, VICENTE FALCONI.** *TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)*. Rio de Janeiro: Bloch, 1992.
- GEMÜ – GEMÜ GROUP – VALVES, MEASUREMENT AND CONTROL SYSTEMS.** *Product documentation*. Disponível em: <<http://www.gemu-group.com>> Acesso em 12 de Set. 2015.
- GOMES, MANUEL MORATO.** *Introdução a vulcanização*. Disponível em: <<http://www.rubberpedia.com/vulcanizacao>> Acesso em 2 de Dez. 2015.
- MONTGOMERY, D. C.** *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513 p.
- OLIVEIRA, MARCO ANTÔNIO DE.** *Implantando a ISO 9000 em pequenas e médias empresas*. Rio de Janeiro : Qualitymark, 1996.
- PALADINI, EDSON PACHECO.** *Gestão da qualidade: teoria e prática*. São Paulo: Atlas, 2000.

**PORTAL ACTION.** *Controle Estatístico do Processo - Introdução.* Disponível em: <  
<http://www.portalaction.com.br/control-e-estatistico-do-processo>> Acesso em 03 de Dez. 2015.

**SLACK, NIEGEL; CHAMBERS, STUART; JOHNSON, ROBERT.** *Administração da produção.*  
2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.