

REDUÇÃO DO REFUGO NO PROCESSO: estudo de caso da variabilidade no comprimento de um perfil de vedação através do controle estatístico de processos – CEP

Marília De Sousa Camilo Rissi¹

Alessandro Ferreira Alves²

Roger Antônio Rodrigues³

Gustavo Ferreira Rabêlo Garcia⁴

RESUMO

Este trabalho analisa as possibilidades de redução de refugo no processo de uma empresa automobilística, através de algumas ferramentas da metodologia do Controle Estatístico de Processo. A concorrência em escala mundial obriga as organizações a buscarem por processos de fabricação altamente eficazes e livres de desperdícios, diante disso, tal abordagem se justifica pela preocupação de se criar vantagens competitivas em um mercado repleto de concorrentes altamente qualificados, na qual, a otimização dos processos produtivos se torna primordiais para as organizações se manterem competitivas no mercado atual. O propósito desta pesquisa é demonstrar a redução de refugo no processo, analisando a variabilidade do comprimento do perfil de vedação de carro, através de algumas ferramentas da metodologia do Controle Estatístico de Processo. Este artigo fundamenta-se em uma revisão bibliográfica com embasamento teórico e posteriormente na construção de um estudo de caso, realizado através da coleta de dados, na qual foi utilizado o *SOFTWARE MINITAB*[®] 17.0 para a geração de gráficos estatísticos. A pesquisa demonstrou alguns problemas, dentre eles, as causas não controláveis, que dificultaram no estudo da variabilidade do comprimento do perfil. Porém com o auxílio dos índices da ferramenta da capacidade do processo foi possível controlar a variabilidade do processo, reduzir custos e estimar parâmetros, proporcionando competitividade e lucratividade para empresa.

Palavras-chave: Refugo. Lucratividade. Controle estatístico de processo.

¹ Marília De Sousa Camilo Rissi; aluna graduanda do Curso de Bacharelado de Engenharia de Produção do UNIS/ MG, E-mail: mariliarissi@hotmail.com

² Professor Doutor do UNIS/MG, E-mail:alessandro.alves@unis.edu.br

³ Professor Especialista do UNIS/MG, E-mail:roger.rodrigues@unis.edu.br

⁴ Professor Especialista do UNIS/MG, E-mail:gustavo.garcia@unis.edu.br

1 INTRODUÇÃO

As mudanças no mercado de trabalho estão cada vez mais constantes e rápidas, gerando um alto desenvolvimento econômico e um crescimento intenso da competitividade. Esse avanço econômico e tecnológico do mercado industrial exige das organizações uma busca constante por novos métodos de soluções que atendam essas indústrias, em todos os aspectos, sejam eles de qualidade, confiabilidade, flexibilidade e principalmente na busca por uma produção lucrativa. Este fato faz com que a indústria aumente o monitoramento de seus processos de produção detalhadamente desde o nível de projeto de produto a inspeção final.

As industriais baseiam suas decisões gerenciais em informações fornecidas pelas avaliações de desempenho dos processos de produção, avaliações estas fornecidas pelo controle estatístico de processo e pela análise da capacidade do processo. A ideia principal do Controle Estatístico de Processo (CEP) é melhorar os processos produtivos reduzindo a variabilidade e fornecendo níveis melhores de qualidade nos resultados da produção. Assim o índice de refugo pode ser reduzido, gerando como resultado, baixos custos e melhoria da qualidade do processo. Por isso este trabalho mostra a aplicação da ferramenta CEP no processo de fabricação de perfil de vedação de automóveis, sendo a mesma, usada para um estudo da variação dimensional sofrido pelo perfil.

Com isso o intento desse estudo é explorar o processo de fabricação dos perfis de vedação que geram altos índices de refugos, buscando através por meio de monitoramento aumentar a qualidade desses produtos. Para isso se faz necessário a utilização do controle estatístico de processo, de modo que seja possível trabalhar hipóteses de redução desses índices, possibilitando o aumento na produção e posteriormente lucratividade a empresa.

Com tudo o controle estatístico do processo auxilia nas ações corretivas, de modo que os defeitos possam ser evitados e o processo monitorando, para que não haja novas ocorrências de falhas na produção de um determinado produto.

Por isso o controle estatístico do processo é importante, pois, através dessa ferramenta estatística é possível controlar a variabilidade do processo, estimar parâmetros e determinar a capacidade do processo, podendo ainda fornecer informações úteis de melhoria. Possibilitando ações corretivas, que independem a geração de novos defeitos/falhas no processo.

Este trabalho está dividido em cinco etapas. Correspondendo na primeira etapa a introdução desse estudo, no qual se encontra a importância, objetivos e justificativas. A segunda etapa é composta da revisão bibliográfica para melhor compreensão dos conceitos

que envolvem o controle estatístico dos processos. A terceira etapa expõe o estudo aqui explorado. Já a quarta etapa está à aplicação dos conceitos apresentados na revisão bibliográfica e o desenvolvimento da metodologia deste estudo. E por fim na quarta etapa encontram-se as considerações finais.

2 A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE NO MONITORAMENTO DOS PROCESSOS

A melhoria da qualidade tem se tornado uma preocupação importante de acordo com Montgomery (2004) “a qualidade significa adequação para uso, ressaltando as dimensões da qualidade, que são: desempenho, confiabilidade, durabilidade, assistência técnica, estética, características, qualidade percebida e a conformidade com especificações.” O autor também define a melhoria da qualidade como a redução da variabilidade nos processos e produtos.

Muitos gestores consideram o CEP a salvação da qualidade na manufatura, influenciando as empresas a se decidirem pela sua implantação. No entanto, ele é apenas um dos métodos de gerenciamento da qualidade e dependem de uma série de fatores como o fator pessoal, a cultura da organização e a competência técnica, para gerar resultados positivos (TORMINATO, 2004, p.54).

Para a aplicação do controle estatístico do processo, é necessário entender os conceitos que envolvem essa ferramenta. Sendo importante conhecer nitidamente o processo que será monitorado pelo CEP.

2.1 Definição de um processo

Um processo é a transformação de um conjunto de entradas, as quais podem incluir materiais, ações, métodos e operações, em um conjunto de saídas desejadas, na forma de produtos, serviços, informações ou simplesmente resultados. Em cada área ou função de uma organização existem inúmeros processos e cada processo pode ser analisado pela checagem das entradas e das saídas. Isso determinará a ação ou ações necessárias a serem tomadas para melhorar o processo e/ou a qualidade (MORÁN, 2011).

No geral os processos de produção se baseiam na projeção e supervisão de sistemas de operações, voltados a processos de fabricação. O funcionamento, as características e a manutenção de máquinas e dispositivos, fazem parte da administração de um processo. E é esse funcionamento que informa a situação do processo e sua influencia na qualidade e na produtividade de indústria (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005).

2.2 A influencia da variação nos processos

As causas dos defeitos nos processos são universais, sendo principalmente causadas pela variação. A variação é exposta na forma como produzimos os produtos e nos materiais usados nesta produção, de forma que se a mesma quantidade de máquinas e métodos de trabalho for idêntica e a inspeção correta, todos os produtos fabricados deverão ser idênticos. Isto é, os produtos serão todos conformes ou não-conformes (KUME, 1993).

A variabilidade está presente em qualquer processo de produção, sendo decorrente de inúmeras causas. As causas aleatórias são uma parte inerente do processo e através delas é possível afirmar que o processo está sob controle estatístico. Também existem as causas atribuíveis que estão relacionadas com as máquinas ajustadas ou controladas de maneira inadequada, erros do operador ou matéria-prima defeituosa. Neste tipo de causa o processo está fora de controle (MONTGOMERY, 2004).

A capacidade de um processo é a variabilidade mínima que pode ser alcançada depois que todas as causas forem eliminadas. Assim, a Capacidade representa o melhor desempenho de um processo quando ele está operando sob controle estatístico. (TORMINATO, 2004)

A variabilidade excessiva no desempenho de um processo resulta, em geral, em desperdício. Assim, uma definição alternativa e altamente útil é a de que a melhoria da qualidade é a redução do desperdício (MONTGOMERY, 2004, p.4).

Portanto para eliminar a variabilidade é preciso utilizar de técnicas que monitorem os processos, sendo necessário compreender os conceitos que abrangem essas técnicas de monitoramento, no caso o controle estatístico de processos.

2.3 Controle estatístico do Processo

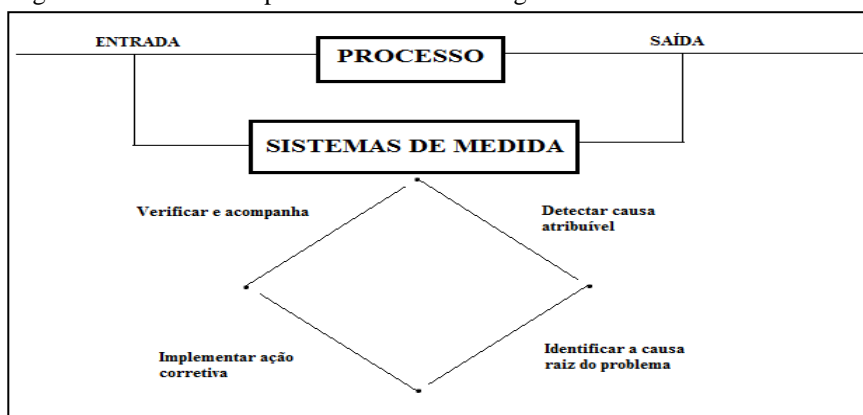
O controle estatístico de processo é uma ferramenta poderosa para encontrar a estabilidade de um processo e para melhorar a capacidade através da redução da variabilidade.

De acordo com Montgomery (2004) o controle estatístico de processo é um conjunto de ferramentas designação a obter a solução de problemas através da estabilidade dos processos e a redução da variabilidade. Para um controle estatístico de processo gerar resultados positivos é preciso que o mesmo contenha alguns elementos como: liderança gerencial, abordagem de equipe, treinamento dos colaboradores, destaque na redução da variabilidade, avaliação do desempenho e mecanismos de comunicação eficientes na divulgação dos resultados obtidos.

Um objetivo maior do controle estatístico do processo é detectar rapidamente a ocorrência de causas atribuíveis, de modo que a investigação do processo e a ação corretiva possam ser realizadas antes que muitas unidades sejam fabricadas com defeito, podendo assim evitar custos com retrabalho e problemas de qualidade. Assim, para controlar a variabilidade do processo são utilizados gráficos de controle, que estimam parâmetros e determinam a capacidade do processo, podendo ainda fornecer informações úteis de melhoria (MONTGOMERY, 2004).

Uma forma de monitorar a variabilidade dos processos é através dos gráficos de controle que segundo Montgomery (2004) fará apenas a detecção de causas atribuíveis, elaborando medidas corretivas que devem ser tomadas pela gerência com o intuito de eliminar essas causas, como mostrado na figura 1.

Figura 1 – Melhoria do processo com o uso do gráfico de controle.



Fonte: Adaptado de Montgomery, (2004).

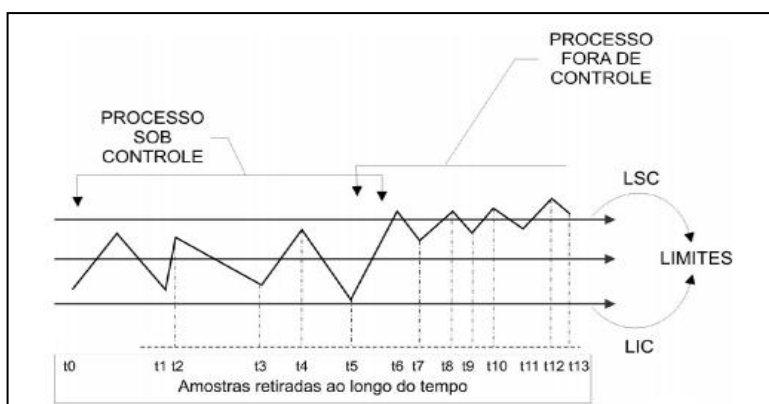
Um objetivo importante de controle estatístico da qualidade é detectar rapidamente a ocorrência de causas atribuídas ou mudanças no processo, de modo que uma investigação do processo e uma ação corretiva possam ser empreendidas antes que muitas unidades não conformes sejam fabricadas. O gráfico de controle é uma técnica de monitoramento do processo usada para essa finalidade (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005).

Em qualquer processo de produção, independentemente de quão bem projetado ou cuidadosamente mantido ele seja, uma certa quantidade natural ou “ruído de fundo” é o efeito acumulativo de muitas causas pequenas, essencialmente inevitáveis. Quando o ruído de fundo em um processo for relativamente pequeno, geralmente o consideramos em um nível aceitável de desempenho do processo. No âmbito de controle estatístico da qualidade, essa variabilidade natural é frequentemente chamada de “um sistema estável de causas casuais”. Um processo que esteja operando somente com causas casuais de variação presente é dito sob controle estatístico. Em outras palavras, as causas casuais são uma parte inerente do processo. (MONTGOMERY, 2011, p. 280).

O objetivo final de controle estatístico de processo é a eliminação de variabilidade no processo. Embora possa não ser possível eliminar completamente a variabilidade, o gráfico de controle ajuda a reduzi-la tanto quanto possível. Os gráficos de controle podem ser definidos em dois tipos: o gráfico de controle para variáveis e o gráfico de controle para atributos. Esses gráficos são utilizados devido ao fato de serem uma técnica comprovada de melhoria na produtividade, sendo eficazes na detecção de defeitos, no fornecimento de diagnósticos precisos, como o fornecimento da capacidade do processo e o auxílio do impedimento de ajustes desnecessários nos processos (MONTGOMERY, 2004).

Os gráficos de controle apresentam o modelo estabelecido por Shewart que utiliza a média aritmética dos valores resultantes das medições realizadas de forma amostral, como medida de posição do processo. Assim fixam-se três desvios - padrões acrescidos à média, definindo o Limite Superior de Controle (LSC) e três desvios - padrões decrescidos à média, definindo o Limite Inferior de Controle (LIC) do processo, como apresentado na figura 2 (PINTON, 1997; THOMPSON; KORONACKI, 1993 apud LIMA, 2006).

Figura 2 – Representação gráfica de processos sob controle e fora de controle



Fonte: Lima (2006)

As fórmulas para se encontrar o limite superior de controle, a linha central e o limite inferior de controle, são obtidas através da coleta de amostras, obtendo assim a média e o desvio padrão possibilitando encontrar os limites que esses dados variam no gráfico. Quando essas amostras variam dentro dos limites de controle, os resultados geram os pontos nos quais serão analisados o comportamento dessa amostra, definindo se está adequado ou não (JOHANN et al, 2011).

Montgomery (2004) apresenta as fórmulas para construção dos limites de especificação dos gráficos de controle para variáveis e dos gráficos de controle para atributos, apresentadas nas figuras 3 e 4.

Figura 3 – Limites de especificação dos gráficos de controle para variáveis.

<p>Gráfico de Controle para a Fração Não-Conforme:</p> <p>Padrão Dado</p> $\text{LSC} = \bar{X} + A_2 \bar{R}$ $\text{Linha Central} = \bar{X}$ $\text{LIC} = \bar{X} - A_2 \bar{R}$
<p>Gráfico de Controle para a Fração Não- Conforme:</p> <p>Nenhum Padrão Dado</p> $\text{LSC} = D_4 \bar{R}$ $\text{Linha Central} = \bar{R}$ $\text{LIC} = D_3 \bar{R}$

Fonte: Adaptado de Montgomery, (2004).

Figura 4 – Limites de especificação dos gráficos de controle para atributos.

<p>Gráfico de Controle para a Fração Não-Conforme:</p> <p>Padrão Dado</p> $\text{LSC} = p + 3 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{n}$ $\text{Linha Central} = p$ $\text{LIC} = p - 3 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{n}$
<p>Gráfico de Controle para a Fração Não- Conforme:</p> <p>Nenhum Padrão Dado</p> $\text{LSC} = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n}$ $\text{Linha Central} = \bar{p}$ $\text{LIC} = \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n}$

Fonte: Adaptado de Montgomery, (2004).

As figuras 3 e 4 demonstram a representação das gráficos de controle, gráficos estes que revelam como as variáveis comportam e se está dentro do limite do controle estatístico ou se está fora. Se o gráfico não sair fora nem do limite superior nem do limite inferior isto significa que o processo está sob controle e se estiver somente dentro do controle estatístico pode haver um erro de medição ou um erro de unidade de medida, portanto outros parâmetros também devem ser considerados como os índices de capacidade do processo: Cp e Cpk (JOHANN et al, 2011).

2.4 Capacidade de um processo

A capacidade do processo pode ser apresentada através dos gráficos de controle. Mas segundo Montgomery (2004) é possível expressar a capacidade do processo através da razão (ou índice) da capacidade do processo (RCP) ou C_p definido pela equação:

$$\frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} \quad (1)$$

Onde, LSE = limite superior de especificação; LIE = limite inferior de especificação; σ = desvio padrão do processo.

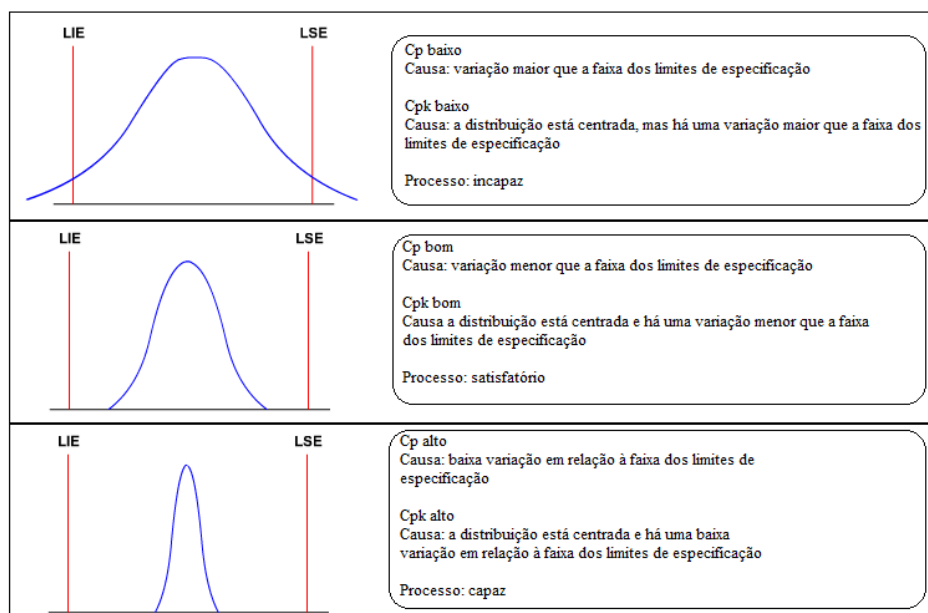
Ou através do C_{pk} que permite a avaliação da capacidade do processo na "pior situação possível", sendo definido pela equação:

$$\text{MIN} \left(\frac{LSE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\bar{X} - LIE}{3\hat{\sigma}} \right) \quad (2)$$

Onde, \bar{X} = média do processo; σ = desvio padrão do processo.

Na figura 5 é apresentada a capacidade dos processos através da análise dos índices C_p e C_{pk} , mostrando o processo capaz, incapaz e satisfatório e causas que determinam tais classificações para os processos, além de mostrar essa análise de forma gráfica, ficando mais clara para o entendimento dos tipos de processos.

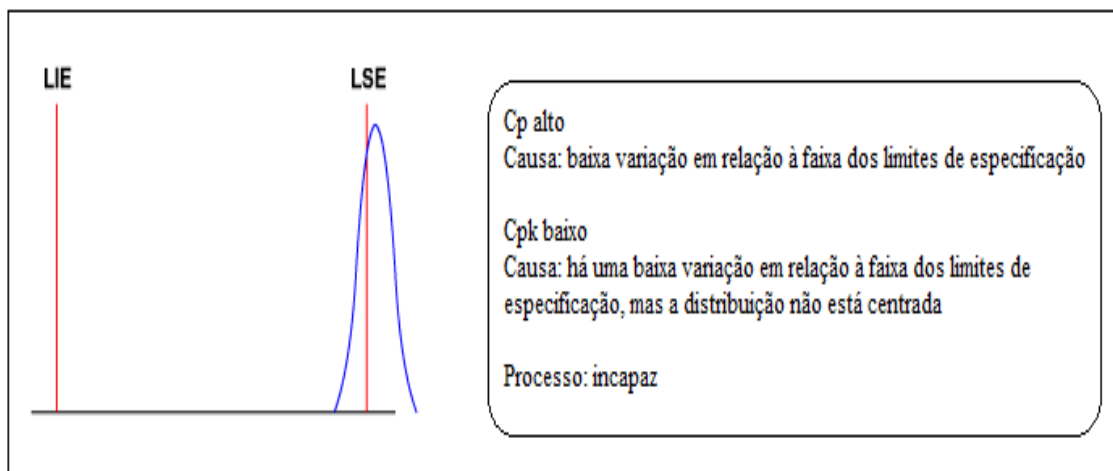
Figura 5 – Representação de um processo incapaz, satisfatório e capaz de acordo com C_p e C_{pk} .



Fonte: Adaptado de *datalyzer*, 2006.

A análise de capacidade é muito importante, pois permite determinar a habilidade do processo em satisfazer as especificações e os limites de tolerância do processo, além de diagnosticar o estado de controle dos processos de produção, verificando se são ou não capazes de satisfazer as solicitações dos clientes. A capacidade do processo aponta índices que possuem parâmetros a serem seguidos. Através da figura 6 é possível analisar o processo incapaz (MONTGOMERY, 2004).

Figura 6 – Processo descentralizado dos limites de especificação.



Fonte: Adaptado de *datalyzer*, 2006.

Já a figura 7 mostra os possíveis valores dos índices e a respectiva classificação em relação à capacidade do processo.

Figura 7 – Classificação dos índices de capacidade

CAPACIDADE	Cpk	% FORA DE ESPECIFICAÇÃO
Muito incapaz	0,33	32%
Incapaz	0,67	4,4%
Capaz	1,00	0,27%
Muito capaz	1,33	0,0064
Extremamente capaz	1,67	0,0000

Fonte: Adaptada de Ribeiro; Caten, 2012.

Outro ponto importância que influencia na análise da capacidade de um processo é a distribuição normal, pois é através dessa distribuição que informações necessárias para montar os gráficos de controle são apresentadas.

2.5 Distribuição normal

Segundo Montgomery (2004, p. 40) a distribuição normal, é provavelmente, a mais importante distribuição, tanto na teoria quanto na prática da estatística. A distribuição normal é tão usada que frequentemente é usada uma notação especial, $x \sim N(\mu; \sigma^2)$, para indicar que x é normalmente distribuída com média μ e variância σ^2 . A aparência visual de uma distribuição normal é a de uma curva simétrica, unimodal, em forma de sino.

A distribuição normal tem várias propriedades úteis. Uma delas é relativa à combinação linear de variáveis aleatórias independentes e normalmente distribuídas. É considerada, com frequência como o modelo probabilístico apropriado para uma variável aleatória (MONTGOMERY, 2004).

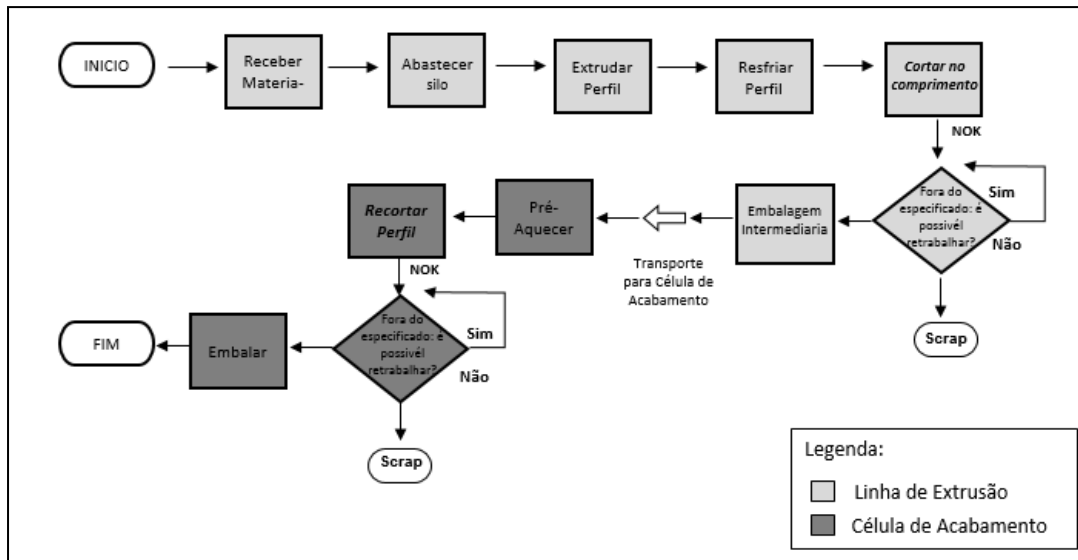
3 O ESTUDO DE CASO

Neste estudo de caso foi utilizado como suporte o software MINITAB 17.0[®], para o desenvolvimento de cálculos das amostras e confecção dos gráficos. Quanto ao método empregado neste intento, a abordagem foi estratégica, ou seja, uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real (YIN,2001).

Para o desenvolvimento do presente estudo foi realizada uma revisão bibliográfica explicando as técnicas aqui utilizadas, visando buscar informações sobre as ferramentas empregadas. Enfatizando no controle estatístico de processo é uma metodologia desenvolvida, visando auxiliar no controle eficaz da qualidade do produto e seus processos produtivos, usando a estatística como ferramenta para analisar a capacidade e as limitações do processo. (TORMINATO, 2004).

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria do ramo automobilístico localizada no Sul de Minas Gerais. O problema foi investigado a partir da sobra de processo de um perfil de vedação de carro (Pestana Externa), a mesma é referente à operação de RECORTE do perfil que é executada na célula de acabamento. Observando a oportunidade de redução de refugo, o processo de fabricação começou a ser analisado como mostra na figura 8:

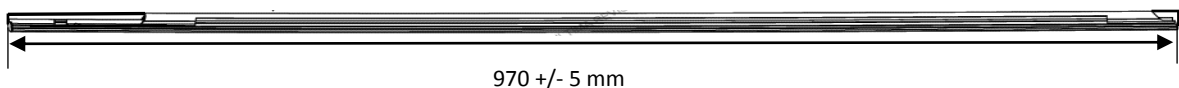
Figura 8: Fluxograma do processo pestana externa



Fonte: O autor.

O estudo foi realizado no processo de extrusão, no qual é fabricado um perfil base que posteriormente passará pelas operações de acabamento necessárias. O perfil que está sendo analisado é a pestana externa do veículo. Ainda na linha de extrusão é realizado o corte, no qual são cortadas as extremidades do perfil, e o seu comprimento total é de 970 +/- 5 mm conforme figura 9. De acordo com as informações fornecidas pela empresa, a matéria-prima utilizada para fabricação do perfil é o termoplástico, e durante o processamento o mesmo é tracionado, devido o processo ser contínuo e por fatores químicos. Quando o perfil é submetido ao corte do comprimento, o mesmo fica livre do tracionamento, sendo assim, o perfil tende a voltar na condição inicial, ou seja, por um processo de encolhimento. Devido a esse processo, é necessário que o perfil tenha um descanso de 24 horas, para que o mesmo sofra encolhimento na linha de extrusão e não altere seu comprimento total durante as operações de acabamento.

Figura 9: Desenho do Perfil

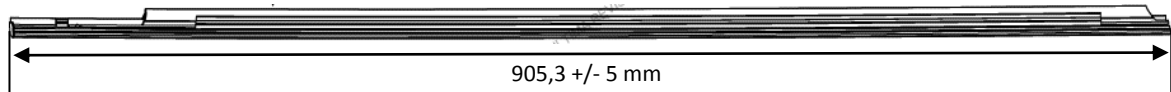


Fonte: O Autor

Na célula de acabamento o perfil chega da linha com as extremidades cortadas, o mesmo é pré-aquecido e RECORTADO, o seu comprimento final é de 905,3 +/- 2 mm conforme figura 10, nesta operação de recorte é realizado ângulos para a montagem do perfil

no veículo. Portanto é nesta operação de recorte que há a sobra de processo, pois o perfil é cortado na linha de extrusão em um comprimento que assegure o recorte dos ângulos se caso houver alguma variação de comprimento. Após o recorte do perfil o mesmo é embalado e enviado ao cliente, de acordo com a empresa.

Figura 10: Desenho do Perfil



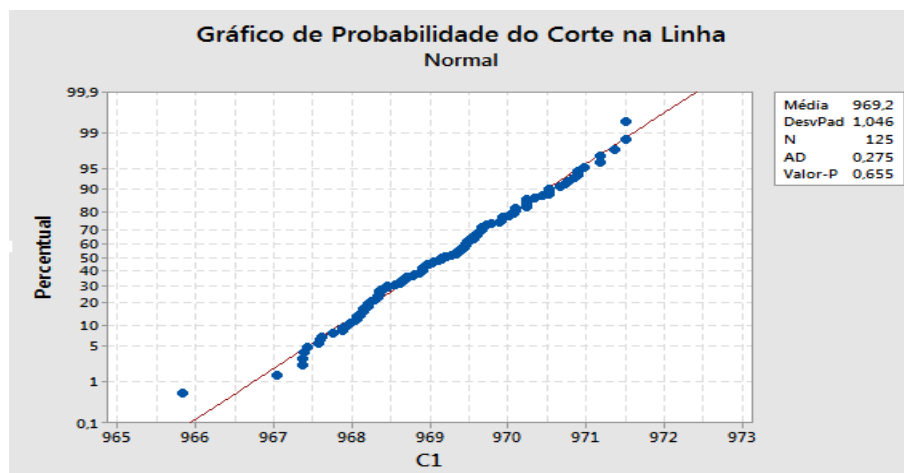
Fonte: O autor

4 RESULTADOS E DISCUSÕES

Após a análise do processo, as amostras foram coletadas do perfil na operação de “cortar no comprimento” na linha de extrusão. Foram coletadas 125 amostras assim que os perfis saíram da linha de extrusão, identificados os perfis de 1 a 125 e posteriormente com ajuda de um laser (equipamento de medições precisas), foram medidos os comprimentos de todas as peças; anotadas as medidas e ao terminar as medições os perfis foram armazenados em uma caixa para que a medição fosse refeita após 24 horas.

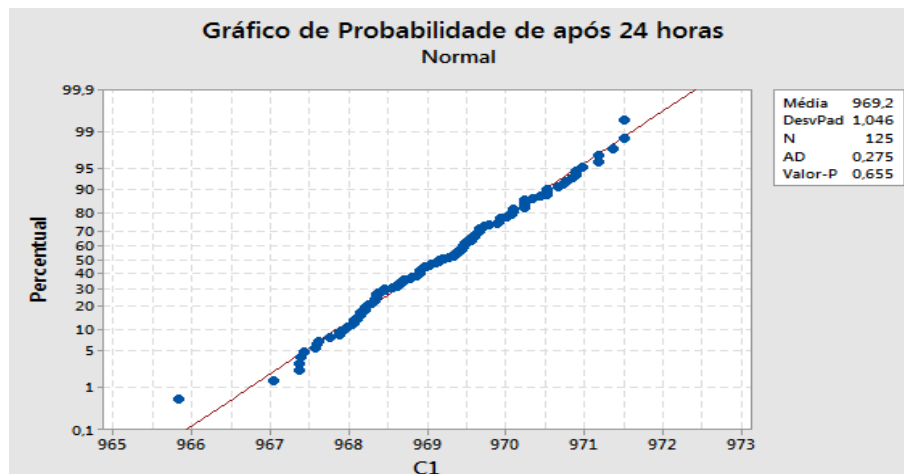
Logo após a coleta de dados, foi realizado o estudo estatístico dos perfis com auxílio do *SOFTWARE* MINITAB 17.0[®]. Primeiramente foi executado o teste de normalidade para analisar se as amostras dos perfis que foram coletados na linha de extrusão são de distribuição normal. O teste de normalidade aplicado nas amostras gerou os seguintes resultados, conforme as figuras 11 e 12.

Figura 11: Gráfico da Distribuição Normal do corte na linha.



Fonte: *SOFTWARE* MINITAB 17.0[®], 2017.

Figura 12: Gráfico da Distribuição Normal após 24 horas.

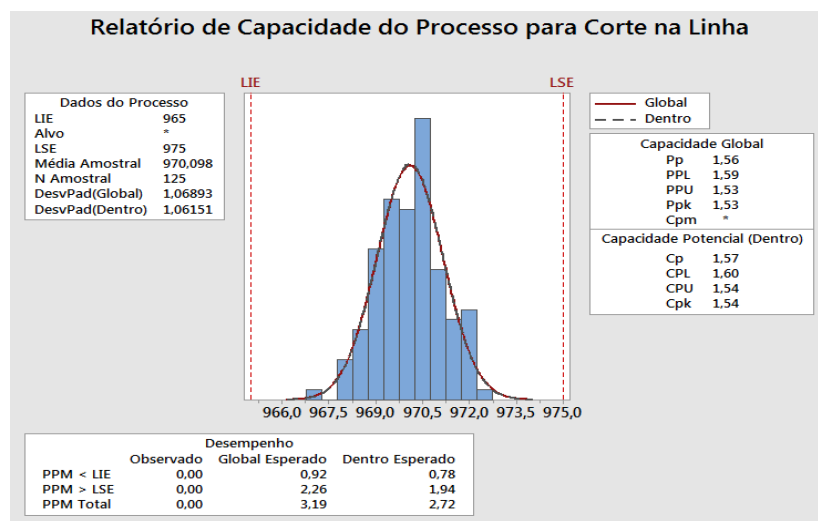


Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0[®], 2017.

Através dos resultados do teste de normalidade foram possíveis identificar que as distribuições para as duas amostras, sabendo que as especificações são determinadas pelo limite inferior de 965 mm e do limite superior 975 mm, com uma média 970 mm, desvio padrão de 1,046 e P- Valor 0,655 que representa 65,5% P- Vale, é $>$ Alfa 5%, o resultado mostrou que a amostra do Corte na linha e a amostra após 24 horas, têm uma distribuição normal.

Certificado que as amostras possuem uma distribuição normal, continua-se com a análise estatística, onde é analisado se o processo do perfil é capaz de atender os limites de especificação e a capacidade do processo, que gerou os seguintes resultados conforme as figuras 13 e 14.

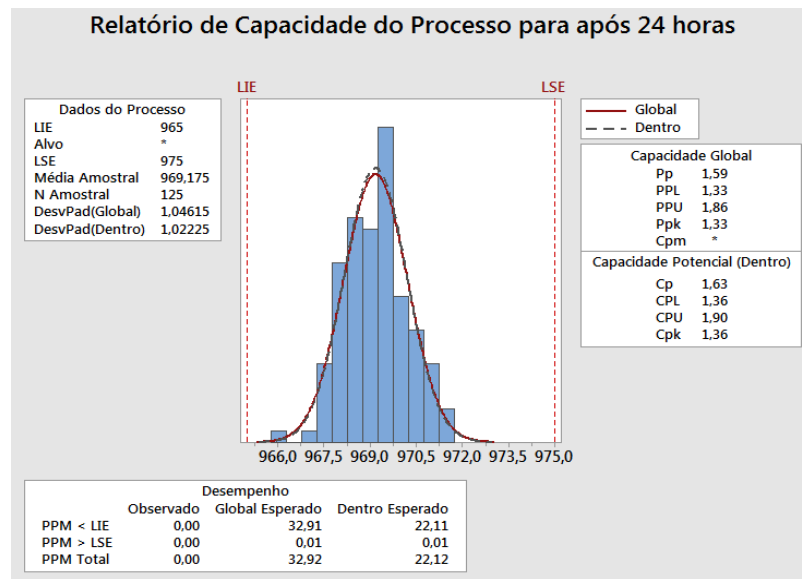
Figura 13: Gráfico da Capacidade do Processo do corte na linha.



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0[®], 2017.

Na figura 13, O SOFTWARE MINITAB 17.0[®] mostrou que o processo está sob controle estatístico, na qual, se encontra a carta de controle em anexo, e, além disso, mostrou os índices da capacidade com um Cp 1,57 e Cpk de 1,54, ou seja, o processo é muito capaz. O gráfico identificou um PPM estimado de 3,19, isto é, a cada um milhão de peças aproximadamente 3,19 apresentam não conformidades.

Figura 14: Gráfico da Capacidade do Processo após 24 horas.



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0[®], 2017.

Já na figura 14, que apresenta as amostras após as 24h para nova medição, o SOFTWARE MINITAB 17.0[®] mostrou que o processo também está sob controle estatístico, na qual, se encontra a carta de controle em anexo, e além disso, mostrou os índices da capacidade com um Cp 1,63 e Cpk de 1,36, ou seja, o processo é muito capaz. O gráfico também identificou o PPM estimado de 32,92, isto é, a cada um milhão de peças aproximadamente 39,92 apresentam não conformidades.

Após analisar o processo do perfil e com os resultados gerados pelo *software* foi certificado que é possível realizar a redução do refugo no processo, pois o processo é estável e capaz. A figura 15 mostra o refugo do processo que é aproximadamente 65 +/- 5 mm, sendo assim, a análise das distâncias entre as facas do equipamento de corte que realiza o recorte do perfil na célula, obteve uma redução 20 mm do comprimento do perfil, tornando assim seguro para garantir o corte dos ângulos e principalmente a qualidade do mesmo. A redução foi implantada na operação de corte que é realizada na linha de extrusão, e obteve a variação dos

comprimentos como resultados, sendo que o comprimento do perfil era de 970 ± 5 mm, e passou a ser 950 ± 5 mm.

Figura 15: Imagem real da sobra de processo do perfil

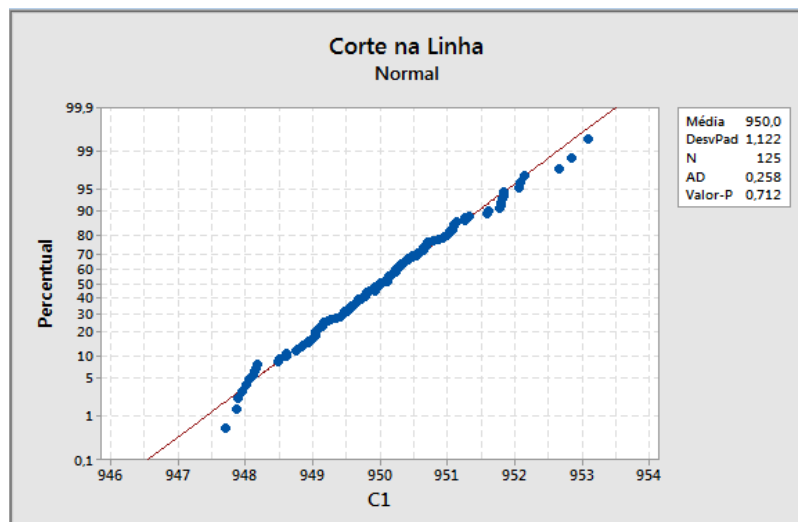


Fonte: O autor.

Para a obtenção de resultados precisos e confiáveis, se faz necessário uma nova análise dos perfis. Por isso após a realização da mudança do comprimento do perfil, foram coletadas 125 novas amostras assim que os perfis saíram da linha de extrusão na operação de “cortar no comprimento”. Os perfis foram novamente identificados e posteriormente com ajuda de um laser (equipamento de medições precisas), foram feitas as medições do comprimento de todas as peças, e ao terminar as medições os perfis foram armazenados em uma caixa para que fossem medidos novamente após 24 horas.

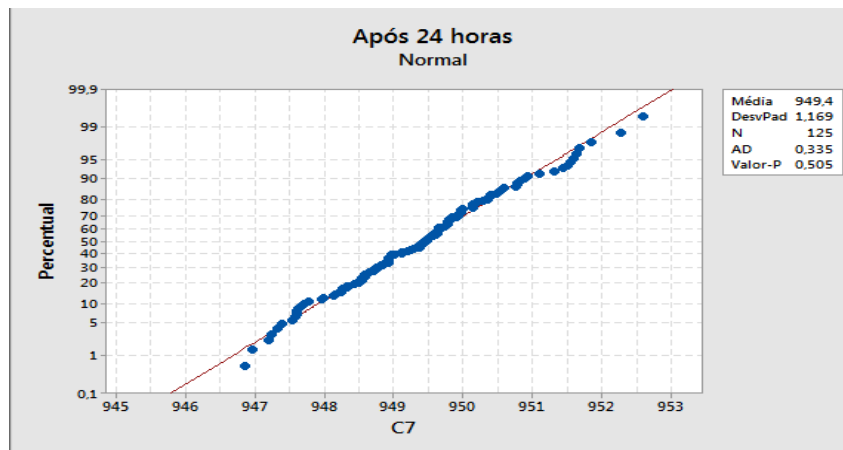
Após a coleta de dados, foram obtidos novos resultados através do *software*. Como mostra na figura 16 e 17 foram gerados os testes de normalidade para analisar se as amostras dos perfis coletadas na linha de extrusão e após 24 horas, concluindo novamente que os resultados são distribuições normais.

Figura 16: Gráfico da Distribuição Normal do corte na linha.



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0[®], 2017.

Figura 17: Gráfico da Distribuição Normal após 24 horas.

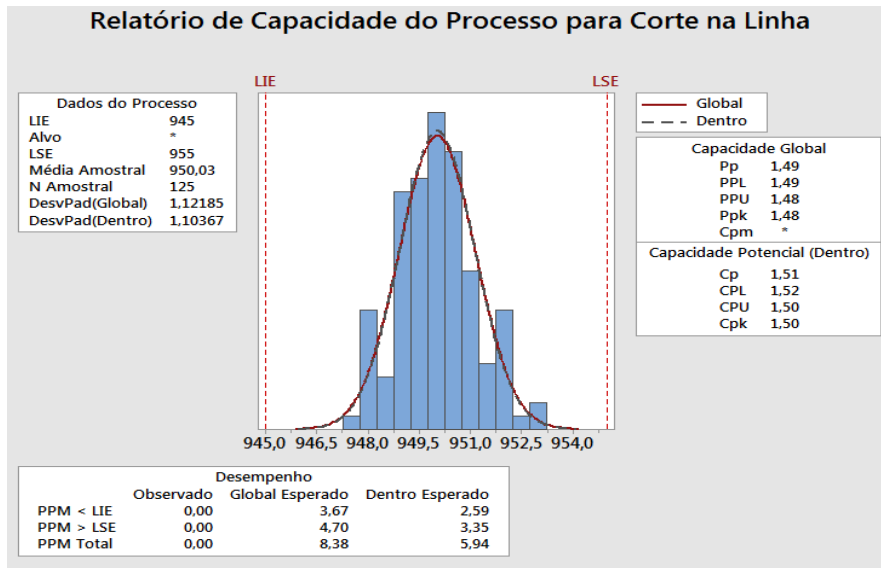


Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0[®], 2017.

Sabendo que a especificação é determinada pelo limite inferior de 945 mm e do limite superior 955 mm, e que a média é de 950 mm com um desvio padrão de 1,122 e P-Valor 0,712 que representa 71,2% P-Valor, é $>$ Alfa 5%, o resultado mostrou que a amostra do corte na linha tem uma distribuição normal, com o mesmo limites de especificação e mesma média, e também foi identificado o desvio padrão de 1,169 e P-Valor de 0,505 que representa 50,5% P-Valor, é $>$ Alfa 5%, demonstrando que o resultados das amostras com as medições realizadas após 24 horas também são uma distribuição normal.

Após a etapa de determinação das especificações das amostras coletadas no processo de extrusão, continuou-se com a análise estatística, na qual foi analisado o processo do perfil, visando a redução de refugo e definindo se o mesmo é capaz de atender os limites de especificação e se a capacidade do processo é estável. Assim foram gerados os resultados apresentados nas figuras 18 e 19.

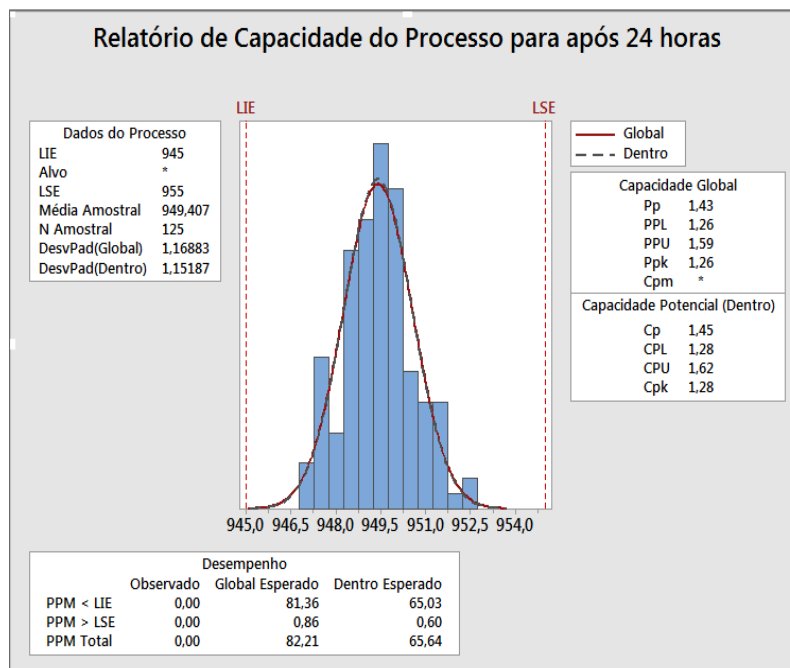
Figura 18: Gráfico da Capacidade do Processo do corte na linha.



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0[®], 2017.

O SOFTWARE MINITAB 17.0[®] mostrou que o processo está sob controle estatístico, na qual, se encontra a carta de controle em anexo e, além disso, mostrou os índices da capacidade com um Cp 1,51 e Cpk de 1,50, ou seja, o processo é muito capaz. O gráfico também identificou um PPM estimado de 8,38, isto é, a cada um milhão de peças aproximadamente 8,38 apresentam não conformidades.

Figura 19: Gráfico da Capacidade do Processo após 24 horas.

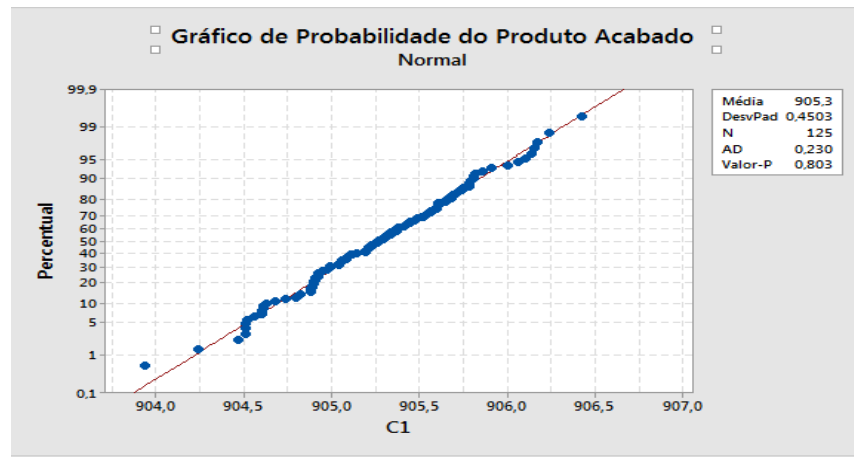


Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0[®], 2017.

Já na amostragem após 24 horas o SOFTWARE MINITAB 17.0® mostrou que o processo está sob controle estatístico, na qual, se encontra a carta de controle em anexo, através dos índices da capacidade com um Cp 1,45 e Cpk de 1,28, ou seja, provando que processo é muito capaz. Também identificando o PPM estimado de 82,21, isto é, a cada um milhão de peças aproximadamente 82,21 apontam não conformidades. Após a análise foi confirmado que a redução foi segura, mesmo que haja uma variação no encolhimento do perfil, o mesmo ainda atenderá as especificações.

Finalmente após a redução do refugo foi realizada uma coletada de amostras na célula de acabamento, na qual, foi analisado a capabilidade do processo. Na figura 20 é mostrado o gráfico da distribuição normal.

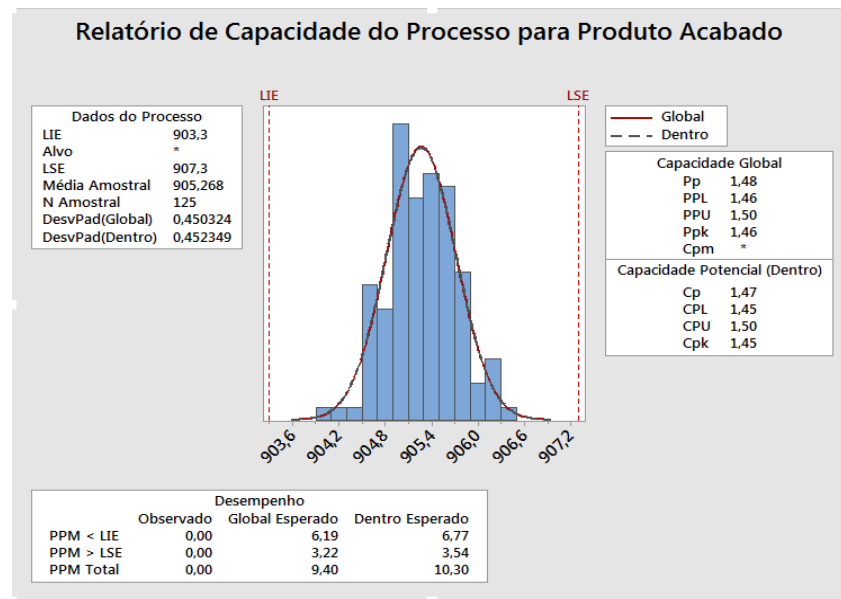
Figura 20: Gráfico da Distribuição Normal do produto acabado.



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0®, 2017.

Sabendo que as especificação são determinadas pelo limite inferior de 903,3 mm e do limite superior 907,3 mm, e que a média 905,3 mm com um desvio padrão de 0,4503 e P-Valor 0,803 que representa 80,3 P- Vale, $\epsilon > \text{Alfa } 5\%$, o resultado mostrou que a amostra tem uma distribuição normal. Nesse contexto foi possível prosseguir com o análise da capacidade do processo como mostrado a figura 21.

Figura 21: Gráfico da Distribuição Normal do produto acabado.



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0[®], 2017.

O resultado da capacidade indica que o processo está sob controle estatístico, na qual, se encontra a carta de controle em anexo, e além disso, demonstrou que os índices da capacidade são de Cp 1,47 e Cpk de 1,45, ou seja, o processo é muito capaz. O gráfico também identificou o PPM estimado de 9,40, isto é, a cada um milhão aproximadamente 9,40 apresentam não conformidades.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desse trabalho possibilitou aprendizado referente à metodologia CEP, na qual foi utilizada para redução do refugo no processo, destacando-se a importância do conhecimento dessa área para o profissional de Engenharia de Produção, devido os grandes impactos positivos que beneficiam a empresa.

No decorrer do trabalho foram encontrados alguns problemas, dentre eles, as causas não controláveis, que dificultaram no estudo da variabilidade do comprimento do perfil. Porém com o auxílio dos índices da ferramenta da capacidade do processo, foi possível reduzir o refugo no processo, assegurando a qualidade do produto sem que afetasse a montagem do mesmo no veículo.

Diante dos resultados apresentados, 20 mm de refugo reduzido possibilitou uma redução de custo no valor de R\$ 89.305,152 anualmente, na qual, o preço de cada peça custa

R\$ 5,25; o preço do metro é de R\$ 5,09; com um volume anual de 817.920,00. Contudo pode se concluir que foram satisfatórios os resultados alcançados pelo estudo.

REDUCTION OF SCRAP IN THE PROCESS: case study of the variability in the length of a profile through the statistical process control.

ABSTRACT

This work analyzes the possibilities of waste reduction in the process in an automobile company, through some tools of the Statistical Process Control methodology. Global competition forces organizations to look for highly efficient and waste-free manufacturing processes. On the face of it, such an approach is justified by the concern to create competitive advantages in a market full of highly qualified competitors, in which optimization of productive processes becomes paramount for organizations to remain competitive in today's marketplace. The purpose of this research is to demonstrate the reduction of scrap in the process, analyzing the variability of the length of the car sealing profile, through some tools of the Statistical Process Control methodology. This article is based on a bibliographical review with theoretical basis and later on in the construction of a case study, carried out through the data collection, in which MINITAB® SOFTWARE 17.0 was used to generate statistical graphs. The research showed some problems, among them, the non-controllable causes, which made it difficult to study the variability of the profile length. However, with the help of the process capability tool indices, it was possible to control process variability, reduce costs and estimate parameters, providing competitiveness and profitability for the company.

Keywords: Refuse. Profitability. Statistical process control.

REFERÊNCIAS

CEP TRAINNING. **CEP - Controle Estatístico de Processo**, 2006. (Apostila). Disponível em:< <http://www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/docs/arquivos/doc57/57.html>>. Acesso em: 30 de mai. 2017.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

JOHANN, C. D. [et al]. **Seis Sigma: aplicação de ferramentas de controle da qualidade em uma empresa de agronegócios**. Faculdade Horizontina (FAHOR), 2011.

KUME, H. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. São Paulo: Editora Gente, 1993.

LIMA, A.A.N. et al. Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.**, v. 27, n 3, p. 177-187, 2006.

MORÁN, W.. **Apostila de Controle da Qualidade**. Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2011.

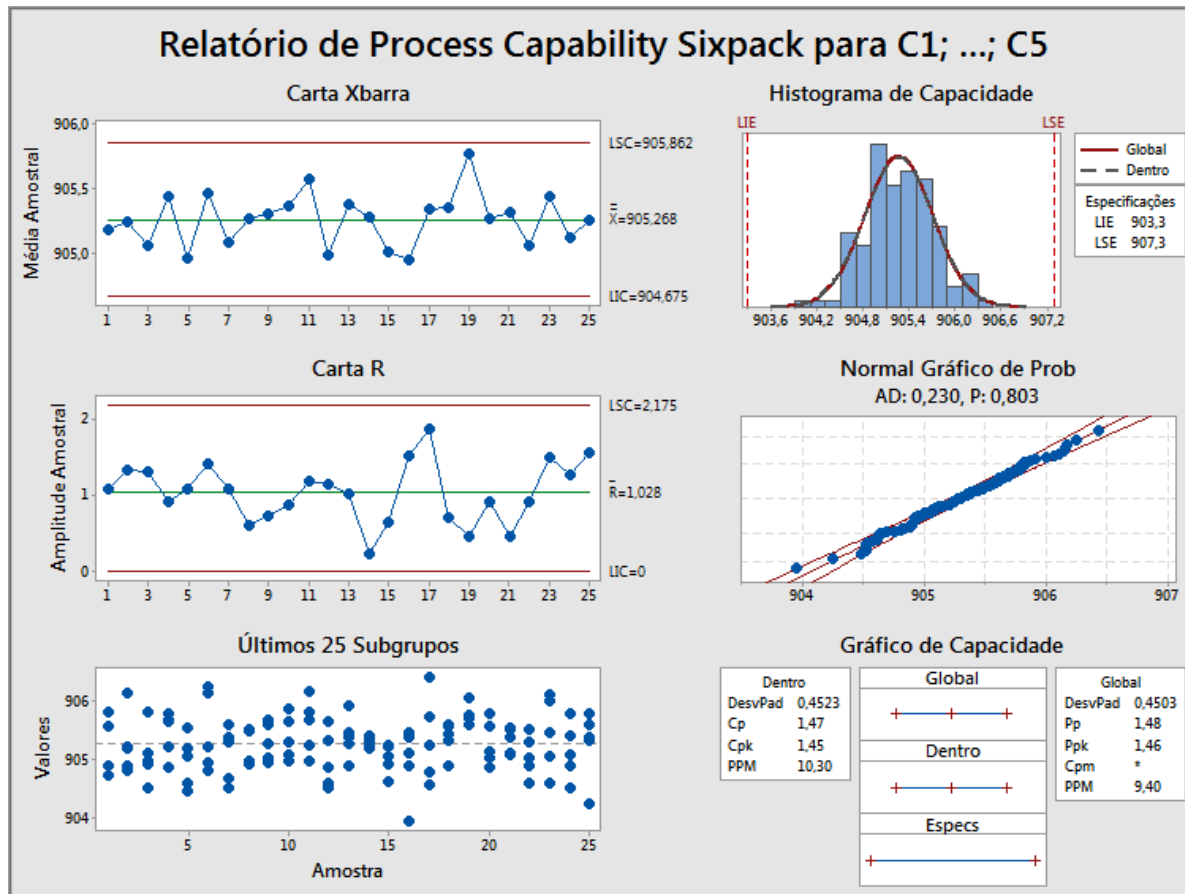
MONTGOMERY, D. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4. ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 2004.

TORMINATO, S. M.. **Análise Da Utilização Da Ferramenta CEP: Um Estudo De Caso Na Manufatura De Autopeças**. Campinas, 2004. Disponível em:

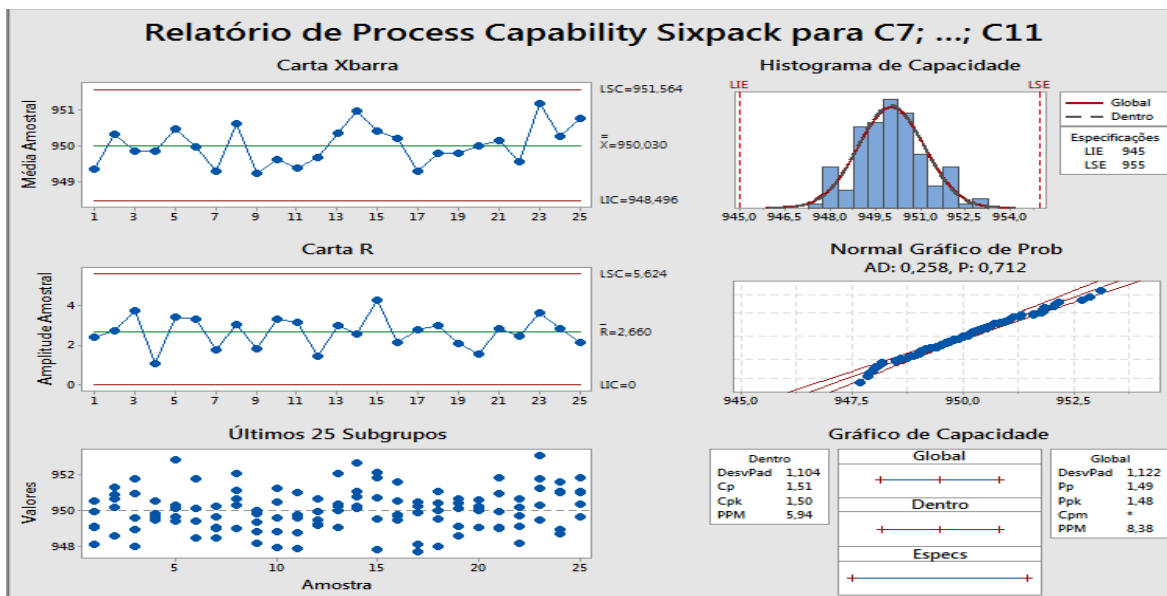
http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/264246/1/Torminato_SilvioMiotta_M.pdf. Acesso em: 07 nov. 2017.

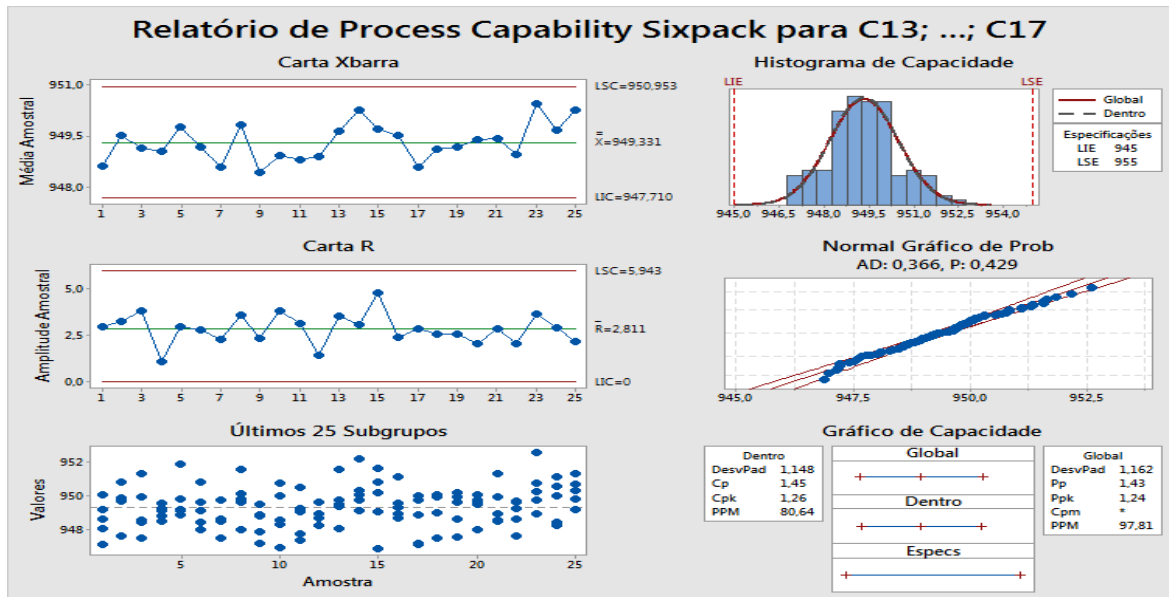
YIN, R.K. **“Estudo de caso: planejamento e métodos”**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Apêndice I – Cartas de Controle do produto acabado

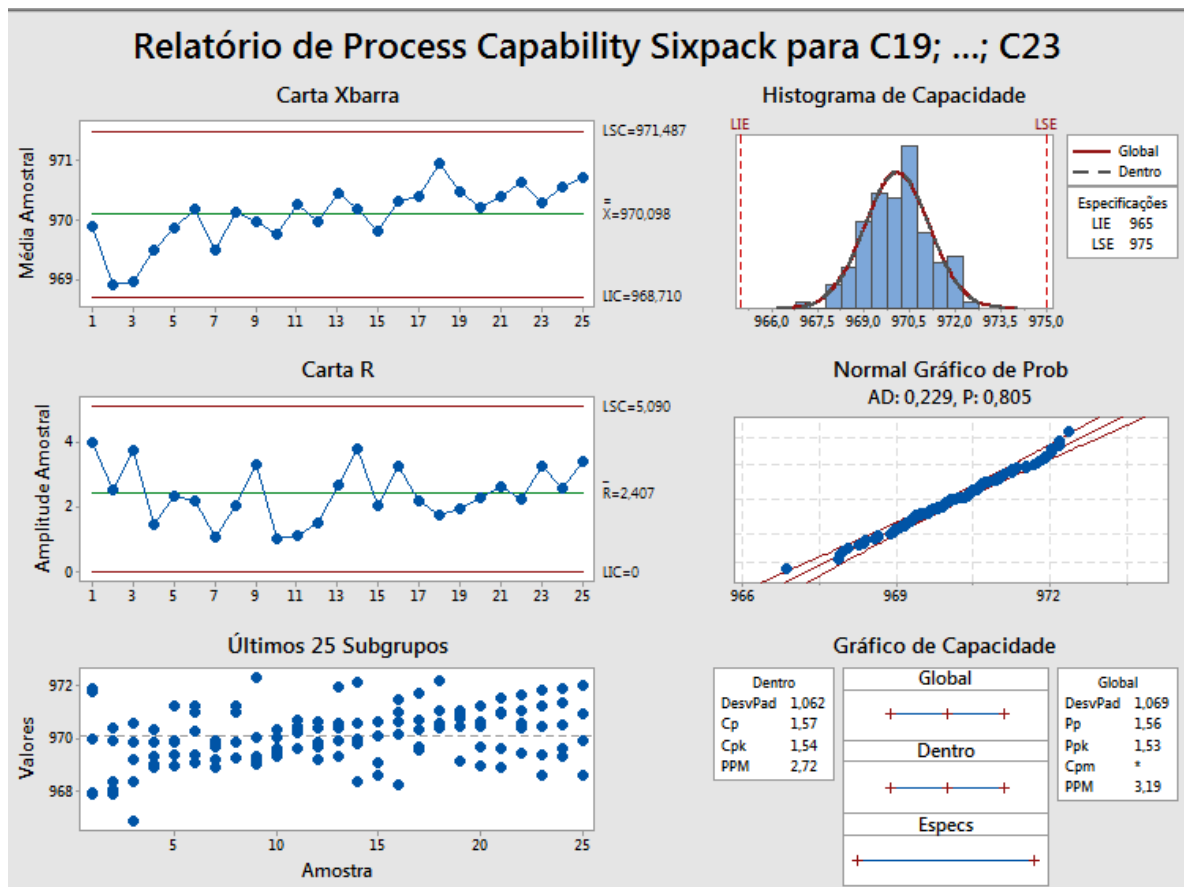


Apêndice II – Cartas de Controle mudança linha / 24 horas



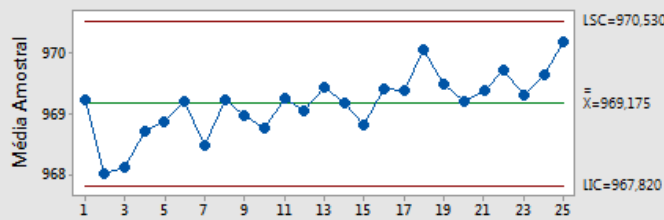


Apêndice III – Cartas de Controle linha / 24 horas

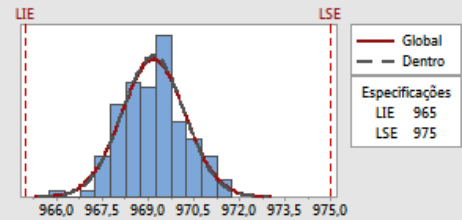


Relatório de Process Capability Sixpack para C25; ...; C29

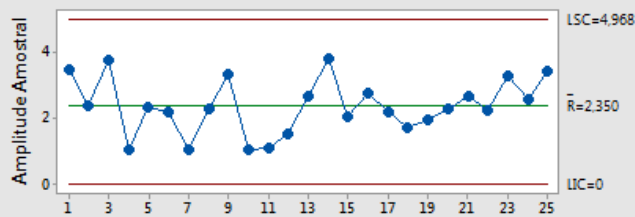
Carta Xbarra



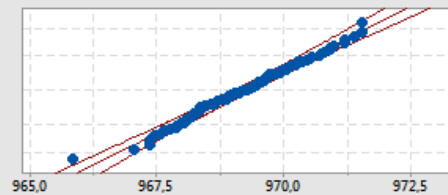
Histograma de Capacidade



Carta R



Normal Gráfico de Prob
AD: 0,275, P: 0,655



Últimos 25 Subgrupos

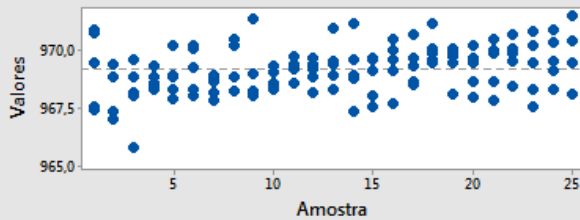


Gráfico de Capacidade

Dentro	Global	Global
DesvPad 1,022	+ — + — +	DesvPad 1,046
Cp 1,63		Pp 1,59
Cpk 1,36	Dentro	Ppk 1,33
PPM 22,12	+ — + — +	Cpm *
		PPM 32,92
	Especs	
	+ — + — +	