

Metodologia de Controle Estatístico da Qualidade na Unidade de Chaparia e Montagem de uma Empresa Automobilística

João Alberto Neves dos Santos ^{1,2} Heitor Vicente de Jesus Batista ¹ Patrícia Rodrigues Faria ¹
joaoneves@aedb.br

¹ Faculdade de Tecnologia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, RJ, Brasil

² Associação Educacional Dom Bosco (AEDB), Faculdade de Engenharia de Resende - Resende, RJ, Brasil

RESUMO

O artigo apresenta um estudo do controle de qualidade do processo produtivo de uma empresa automobilística, com a aplicação do Controle Estatístico da Qualidade, de modo que um controle de qualidade do processo produtivo da empresa fosse feito desde a saída da Unidade Chaparia, até a saída do carro da Unidade Montagem. Os pontos na linha de produção da empresa foram selecionados de modo que o processo entre eles fosse analisado. A seguir, coletaram-se os dados para a construção das cartas de controle e as mesmas foram analisadas, de modo que uma conclusão sobre a qualidade do processo produtivo da empresa automobilística fosse levantada.

Palavras-Chave: Controle Estatístico da Qualidade, Controle Estatístico do Processo, Controle da Qualidade

1. INTRODUÇÃO

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é um tipo de sistema de realimentação, que envolve a comparação dos resultados de um processo com um padrão e a realização de ações corretivas em caso de discrepância entre os dois. Envolve, também, a determinação da habilidade de um processo em produzir um produto que satisfaça as especificações ou requisitos desejados (SOUZA, 1996).

As indústrias em geral, incluindo as montadoras de carros, estão buscando uma melhoria contínua na qualidade de seus produtos, pois, nos dias atuais, os produtos são muito semelhantes e apresentam os mesmos opcionais, porém, é a qualidade dos mesmos o diferencial para o consumidor. O foco dessa melhoria está nos itens do veículo que são facilmente detectados pelo cliente como o caso do aspecto de um carro.

O objetivo deste artigo é mostrar uma metodologia de implantação do Controle Estatístico de Qualidade na Unidade Chaparia e na Unidade Montagem de uma empresa automobilística, de modo a controlar as variáveis mais importantes do capô e da tampa traseira de seu veículo, que possibilite determinar se o processo entre esses dois locais, Chaparia e a Montagem, está sob controle.

Após a aplicação do CEQ, pode-se realizar uma conclusão sobre o processo da montadora, ao verificar se o processo entre os dois pontos da linha de produção está ou não degradando o produto, ou seja, pode-se verificar se o processo na Chaparia está ou não sob controle assim como na Montagem. Um exemplo de melhoria no processo seria se o mesmo estiver fora de controle na Chaparia e sob controle na Montagem, podendo-se concluir que o mesmo melhorou o produto, porém, o mesmo não se pode dizer se o processo se encontra sob controle na Chaparia e fora de controle na Montagem, pois o processo degradou o produto. A metodologia criada para a aplicação do CEQ pode ser aplicada em qualquer tipo de empresa, de modo a controlar um processo e detectar possíveis anomalias.

2 APLICAÇÃO DO CEQ EM UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA

A empresa automobilística escolhida monta atualmente 3 famílias de carros, que são: Veículo A, Veículo B e Veículo C. Sua produção anual está em torno de 70000 veículos, dos quais o Veículo A é responsável por 65% dessa produção.

Essa empresa possui três grandes unidades de montagem do carro que são: Unidade Chaparia, Unidade Pintura e Unidade Montagem.

2.1 – DETERMINAÇÃO DO PROCESSO DA EMPRESA ESTUDADO

A empresa automobilística realiza uma série de etapas para a montagem de seus veículos. Porém, é o processo principal (linha de produção) o que mais influencia na qualidade final do produto. Portanto, nessa fase, determinou-se o processo da empresa automobilística a ser estudado e os pontos estratégicos de coleta de dados na linha de produção, de forma que uma comparação entre esses pontos distintos fosse feita para determinar se o processo entre esses dois pontos de coleta de dados está dentro ou fora de controle. Os pontos escolhidos para a realização do projeto foram:

- Ponto de coleta de dados 1: final da linha de produção Chaparia.
- Ponto de coleta de dados 2: final da linha da produção da Montagem.

2.2 – DETERMINAÇÃO DO VEÍCULO A SER ESTUDADO

Nessa etapa foi determinada qual seria a família de veículos da empresa estudada. A escolha da família de veículo foi realizada levando-se em consideração o volume de produção do mesmo, assim como o número de reclamações recebidas de clientes. Pode-se observar na tabela abaixo, que o volume de produção do Veículo A é o maior entre os três veículos produzidos pela empresa e, além disso, é o carro que recebe o maior número de reclamações de clientes. Portanto, o veículo escolhido para a aplicação do CEQ foi o Veículo A, que apresenta maior volume e um maior índice de reclamações.

Quadro 1 - Quantidade de carros produzidos no mês de Junho de 2005.

Família de veículo	Produção no mês de junho
Veículo A	5980
Veículo B	1429
Veículo C	1376

2.3 – ESCOLHA DOS PONTOS DO VEÍCULO A SER ESTUDADO.

Foram determinados nessa etapa os pontos do veículo a serem estudados. Escolheram-se os pontos do veículo que fossem comuns entre os dois pontos de coleta de dados da linha de produção, ou seja, os pontos escolhidos foram medidos tanto no 1º ponto de coleta de dados (final da linha da Chaparia) assim como no 2º ponto de coleta de dados (final da linha da Montagem). Além disso, para a escolha dos pontos, foram levados em consideração os números de reclamações de clientes, o histórico de problemas desses pontos e também a facilidade que esses pontos têm de serem percebidos pelo cliente final.

Os pontos escolhidos para a aplicação do CEQ foram: O jogo entre o capô e o pára-lama dianteiro direito e esquerdo e o jogo entre a tampa traseira e a lateral traseira direita e esquerda. O ponto entre o Capô e o Pára-lama Dianteiro Esquerdo pode ser visualizado na Figuras 1, assim como o aparelho de medição *datamyte*.



Figura 1 - Jogo entre o Capô e o Pára-lama Dianteiro Direito

2.4 - DETERMINAÇÃO DO APARELHO DE MEDIÇÃO MAIS ADEQUADO

O aparelho utilizado para a realização das medições dos pontos citados, foi o Datamyte, o qual possui um incremento digital, id , de 0,001mm e, conforme a equação 66 verificou-se, que o mesmo é adequado para a realização das medições.

O jogo entre a tampa traseira e a lateral direita possui um intervalo de tolerância, IT , de 4 mm, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

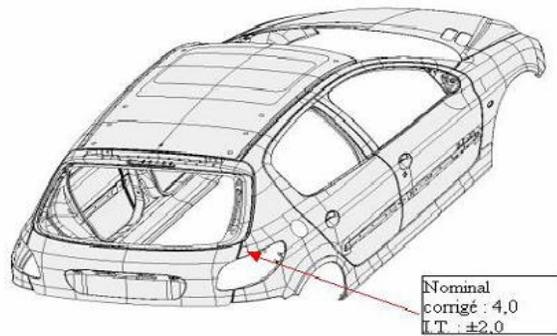


Figura 2 - Intervalo de tolerância

Sendo $id = 0,001$, temos que $ISM = 5 \times 0,001\text{mm} = 0,005\text{mm}$. Como, na pior das hipóteses $ISM \leq \frac{IT}{10}$, com isso temos que $ISM \leq \frac{4}{10}$. Ou seja: $0,005 \leq 0,4$.

Já o jogo entre o capô e o pára-lama possui um intervalo de tolerância, IT , de 3 mm, conforme pode ser visto na Figura 3.

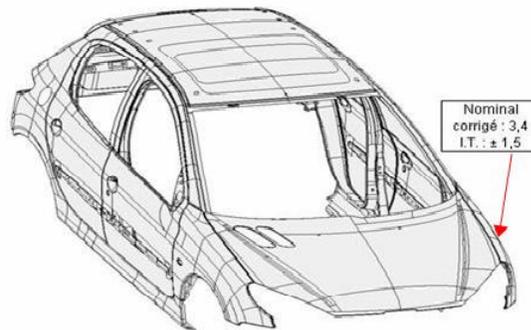


Figura 3 - Jogo entre o capô e o pára-lama.

Considerando na pior das hipóteses, $ISM \leq \frac{IT}{10}$, tem-se que $ISM \leq \frac{3}{10}$.

Ou seja, $0,005 \leq 0,3$.

Com isso, verificou-se que o datamyte pode ser utilizado para realizar as medições.

2.5 – REDUÇÃO DA VARIABILIDADE DO PROCESSO

Nessa fase, reduziram-se as variabilidades do processo existentes entre os dois pontos de coleta de dados com o objetivo de tornar as condições existentes entre eles as mais parecidas possíveis. A eliminação das variáveis existentes entre os pontos de coleta de dados escolhidos para a realização do estudo foi feita da seguinte forma:

a) Utilização de um calço na tampa traseira.

No ponto de coleta de dados 1, utilizaram-se calços na tampa traseira para simular as mesmas condições do carro montado no final da linha da Montagem, pois, no primeiro ponto, não existem peças montadas no carro, o que não ocorre no segundo ponto de coleta de dados.

b) Utilização de gabarito para centralização.

No capô, foi utilizado no ponto de coleta de dados 1 um gabarito, com o objetivo de simular as mesmas condições do capô no final da linha da montagem quando o mesmo é centralizado com o trinco, ou seja, o capô deve estar na mesma posição (centralizado), tanto no primeiro ponto de coleta de dados, como no segundo ponto de coleta de dados.

c) Rastreabilidade do carro na linha de produção.

Foram realizadas as medições nos mesmos carros tanto no primeiro como no segundo ponto de coleta de dados, com o objetivo de se ter uma rastreabilidade do processo e viabilizar o estudo, uma vez que o resultado do estudo será realizado com a comparação dos gráficos de controle feitos a partir do primeiro e do segundo pontos de coleta de dados.

d) O mesmo operador deve fazer as medições nos dois postos de coleta de dados.

Foram também reduzidas as variações de medição, ou seja, o mesmo operador fez a medição tanto no primeiro ponto de coleta de dados como no segundo ponto de coleta de dados, assim como realizaram a medição no mesmo ponto do carro em ambos os pontos de coleta de dados.

2.6 - ESCOLHA DO TIPO DE GRÁFICO DE CONTROLE QUE SERÁ UTILIZADO.

Nessa fase determinou-se o tipo de gráfico de controle utilizado no projeto. Conforme mencionado na revisão da literatura, o gráfico de controle pode se dividir em dois grupos: gráficos de controle por variáveis, que são ferramentas de grande utilidade quando se dispõe de características da qualidade que são mensuráveis em escala numérica ou gráfico de controle por atributos, que são utilizados quando se tem uma característica da qualidade para a qual um valor numérico não é especificado.

Como o projeto está sendo realizado fazendo medições utilizando o aparelho datamyte, que, como já mencionado, fornece valores numéricos das medições realizadas, determinou-se que será utilizado o gráfico de controle por variáveis em ambos os pontos de coletas de dados.

2.7 – COLETA DE DADOS

Nessa etapa, primeiramente, determinou-se qual seria o tamanho da amostra em cada subgrupo, considerando o número de subgrupos igual a 5 (n=5), mais usualmente utilizado nas indústrias.

De acordo com a Norma NBR-5429, normal, nível IV, para um volume de produção diário aproximado de 185 veículos, necessita-se uma amostra de 25 veículos por dia, conforme se pode observar no Quadro 2.

Quadro 2 - Tamanho da amostra (Norma NBR – 5429)

Tamanho do lote	Tamanho da amostra
66-11	10
111-180	15
181-300	25
301-500	30
501-800	35
801-1300	40
1301-3200	50
3201-8000	60
8001-22000	85

2.8 – CONSTRUÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

De posse das amostras para cada ponto de estudo, pode-se começar a construir os gráficos, com os referidos pontos descritos abaixo:

1º passo - Cálculo \bar{X} : consiste no cálculo do valor médio para cada subgrupo.

2º passo - Calcular \bar{X} : consiste no cálculo da média global da amostra, dividindo o total de \bar{X}_i de cada subgrupo pelo número de subgrupos, conforme que se segue.

3º passo - Calcular R: consiste no cálculo da amplitude R de cada subgrupo, subtraindo o valor mínimo do valor máximo em cada subgrupo.

4º passo - Calcular \bar{R} : consiste no cálculo da média da amplitude R, dividindo o total de R_i de cada subgrupo pelo número de subgrupos.

5º passo - Calcular os limites de controle: Consiste no cálculo dos limites de controle para o gráfico \bar{X} e para o gráfico R.

$$\text{Para gráfico } \bar{X} : \quad LSC_m = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad LSI_m = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$\text{Para gráfico R: } LSC_a = D_4 \bar{R} \quad LIC_a = D_3 \bar{R}$$

Onde A_2 , D_3 e D_4 são constantes que dependem do tamanho do subgrupo. Para um subgrupo de 5 amostras, $A_2 = 0,577$, $D_3 = 0$ e $D_4 = 2,114$.

Primeiramente, como não se tinha um histórico, montou-se o mesmo como os dados coletados nos primeiros cinco dias, calculando-se os limites de controle e as médias, e com os dados coletados nos outros cinco dias, calculou-se \bar{X}_i e R_i para representar nos gráficos.

6º passo – construção do gráfico propriamente dito, para cada ponto de estudo.

Nessa etapa, montaram-se os gráficos com os dados anteriormente calculados para cada ponto de estudo definido anteriormente. A seguir serão apresentadas a carta de controle das medições realizadas na saída do prédio da Chaparia e da saída do prédio da Montagem apenas para o jogo entre capô e pára-lama dianteiro esquerdo.

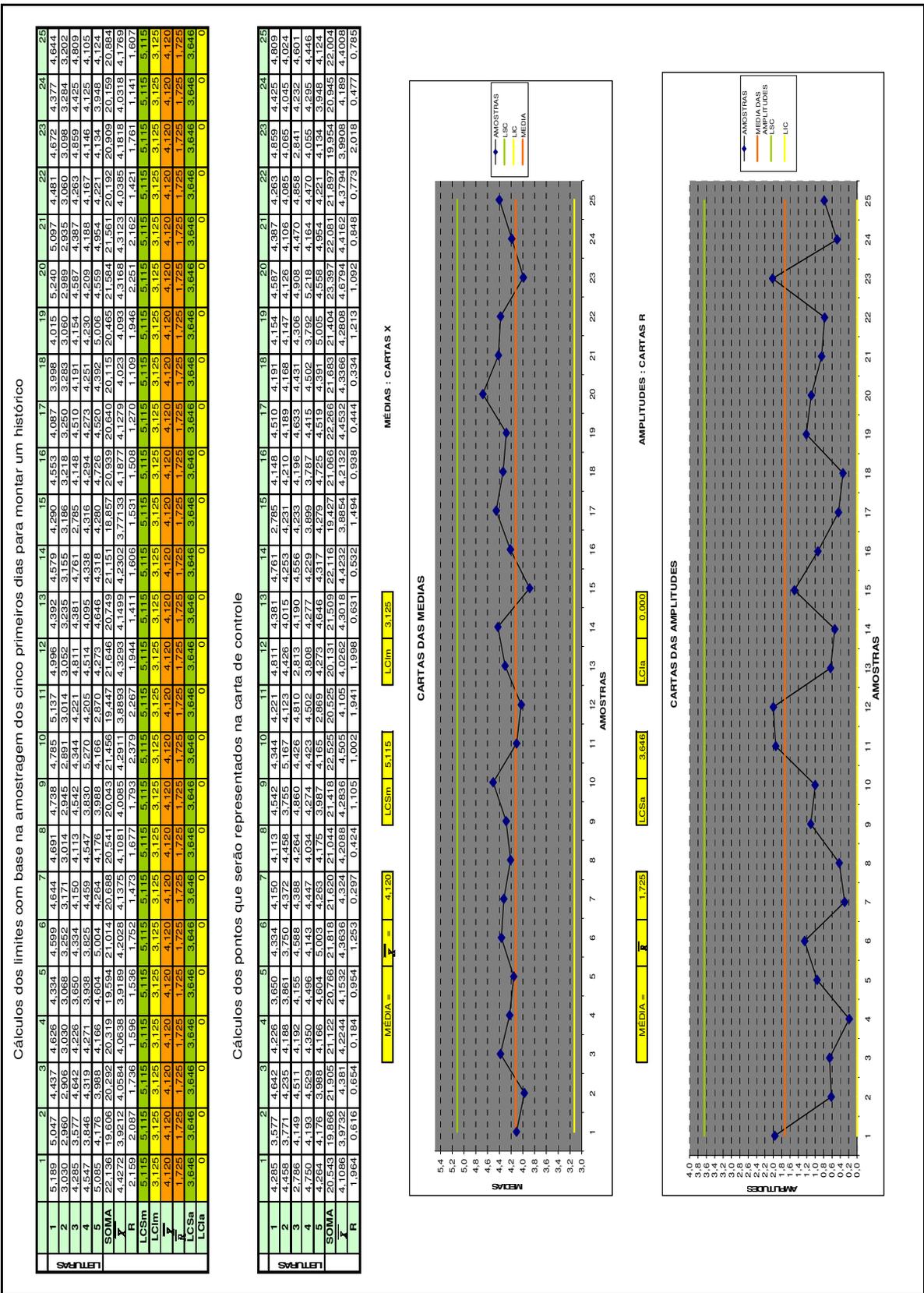


Figura 4 - Carta Controle do jogo entre capô e pára-lama dianteiro esquerdo (Chaparia).

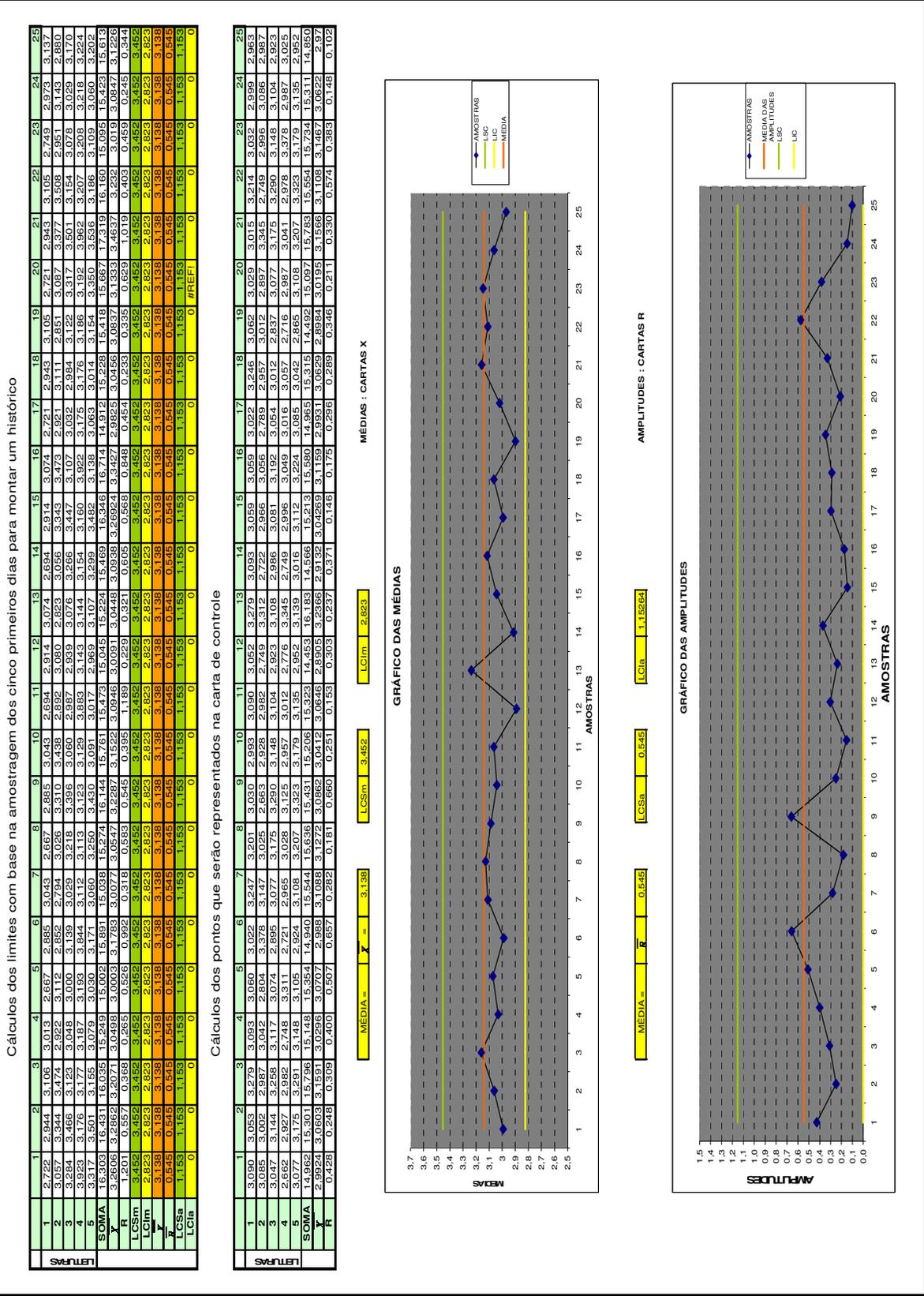


Figura 5 - Carta de controle do jogo entre capô e pára-lama dianteiro esquerdo (Montagem)

Após as cartas de controle estarem devidamente representadas, o próximo passo foi a construção do histograma de cada ponto de estudo para verificar o comportamento das amostras, ou seja, com a forma de distribuição. O histograma das medidas retiradas entre o capô e o pára-lama esquerdo pode ser visualizado na Figura 6.

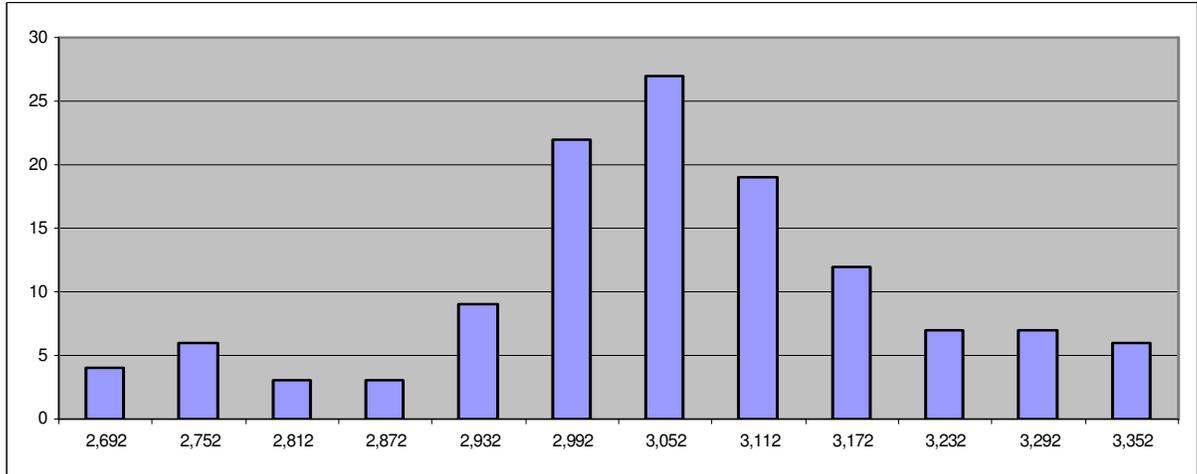


Figura 6 - Histograma capô e pára-lama esquerdo

5.8 – CÁLCULO DO ÍNDICE CAPACIDADE POTENCIAL DO PROCESSO E ÍNDICE DESEMPENHO DO PROCESSO.

Após a análise dos histogramas e verificar que os mesmos se aproximam de uma distribuição normal, pôde-se calcular o índice de capacidade potencial do processo (Cp) e o índice de desempenho do processo (Cpk).

Primeiramente calculou-se o desvio padrão para cada ponto de estudo na saída da montagem.

$$\bar{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Onde par n = 5, d₂ = 2, 326.

Em seguida, conhecendo os Limites Superiores de Especificação e os Limites Inferiores de Especificação para cada ponto de estudo, como se pode observar na figura 39, calcula-se o Índice de Capacidade do Processo (Cp), através da fórmula 62:

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Como os processos não estão centralizados na média, torna-se necessário o cálculo do índice de desempenho do processo (Cpk), através da fórmula a seguir, onde

$$Cpk = \min \left(\frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}, \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \right)$$

Logo, para cada ponto de estudo da Chaparia e da Montagem, tem-se no Quadro 3:

Quadro 3 - Cálculos do índice capacidade do processo

Análise na saída unidade da chaparia						
PONTOS DE ESTUDO (chaparia)	LSE	LIE	Cp	Cpk ₁	Cpk ₂	Cpk _{Final}
Tampa Traseira e lateral direita	6	2	1,27	1,46	1,08	1,08
Tampa traseira e lateral esquerda	6	2	1,15	1,35	0,96	0,96
Capô e lateral direita	4,9	1,9	1,41	2,19	0,63	0,63
Capô e lateral esquerda	4,9	1,9	0,92	1,4	0,43	0,43

Análise na saída unidade da montagem						
PONTOS DE ESTUDO (montagem)	LSE	LIE	Cp	Cpk ₁	Cpk ₂	Cpk _{Final}
Tampa Traseira e lateral direita	6	2	3,75	2,50	5,00	2,50
Tampa traseira e lateral esquerda	6	2	4,09	2,53	5,63	2,53
Capô e lateral direita	4,9	1,9	2,54	2,41	2,67	2,41
Capô e lateral esquerda	4,9	1,9	2,69	2,14	3,23	2,14

2.9 – ANÁLISE DOS RESULTADOS E PROPOSTAS DE MELHORIAS

A metodologia de implantação do CEQ adotada neste projeto foi eficiente e eficaz, pois possibilitou determinar se o processo da empresa automobilística entre o final da Chaparia e o final da Montagem estava ou não sob controle.

Verificaram-se através dos gráficos de controle construídos para os oito pontos do veículo analisado, quatro para a Chaparia e quatro para a Montagem, que a variação do processo entre os dois pontos de coleta de dados se encontrava dentro dos limites de controle dos gráficos construídos.

Porém, existiam pontos dos gráficos de controle que foram observados com certos cuidados. Analisando-se os gráficos de controle construídos, pôde-se verificar que o gráfico da Chaparia dos pontos medidos entre o capô e o pára-lama esquerdo teve uma seqüência de pontos abaixo da linha média. As possíveis causas dessa anomalia foram verificadas, construindo-se um diagrama de causa-efeito, conforme pode ser visualizado na Figura 7.

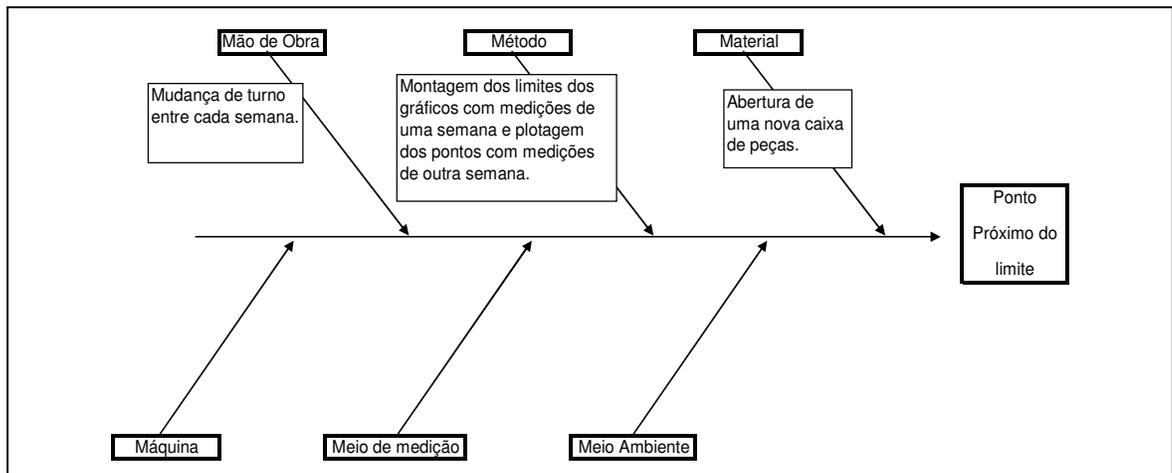


FIGURA 7 - Diagrama causa-efeito da Chaparia

Segundo o diagrama, pôde-se verificar que as possíveis causas, para essa seqüência de pontos abaixo da linha média, estavam ligadas à mudança de turno entre uma semana e outra, ou seja, o operador que trabalhou em uma semana durante as medições não trabalhou na segunda semana. Isto foi verificado pelo fato dos limites de controle terem sido construídos com dados de uma semana e a plotagem dos pontos com dados de outra semana.

Por fim, um outro motivo para a seqüência de pontos abaixo da linha média foi a provável abertura de caixas de peças em uma semana e a abertura de uma outra caixa na outra semana, podendo haver variações dimensionais nas peças de uma caixa para outra.

Na Montagem, todos os quatros gráficos de controle apresentaram seqüências de pontos abaixo da linha média. As possíveis causas para essa ocorrência foram verificadas no diagrama causa-efeito da Figura 8.

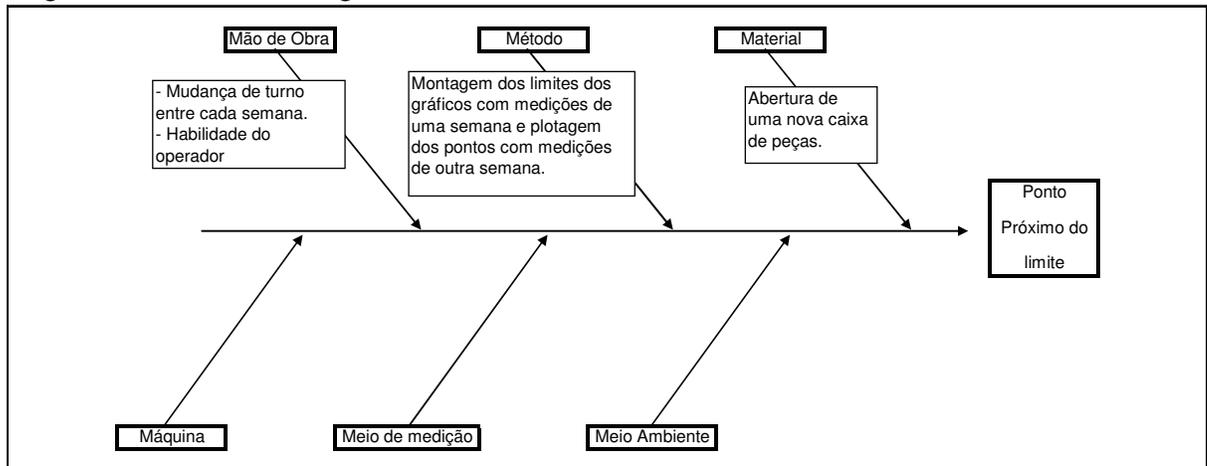


FIGURA 8 - Diagrama causa-efeito dos gráficos da Montagem

Conforme foi observado no diagrama acima, as possíveis causas para as seqüências de pontos abaixo da linha média dos gráficos de controle da Montagem estão ligadas à mudança de turno entre uma semana e outra, pois no final da linha da Montagem existe um posto destinado ao ajuste dos pontos medidos e, dependendo da habilidade do operador, esse ajuste pode variar de entre uma semana e outra.

Uma outra causa para a situação apresentada, foi a utilização de peças provenientes de lotes diferentes entre uma semana e outra, onde, um lote de peças utilizada em uma semana pode apresentar uma variação dimensional do lote de peças utilizadas em outra semana.

Foi observado durante o projeto, que pontos próximos aos limites inferiores de controle, por mais que parecessem bons, não eram desejáveis, pois, existem limites inferiores de especificação, que, se não forem respeitados, podem provocar problemas como atrito entre as peças ou dificuldade de fechamento das peças, no caso, capô e tampa traseira.

O fato dos pontos medidos na Chaparia e na Montagem se encontrarem dentro dos limites superiores e inferiores de controle não garantiam que o processo entre a Chaparia e a Montagem estivesse sob controle. Isso foi comprovado com o cálculo dos índices de capacidade potencial do processo (C_p) e índice de desempenho do processo (C_{pk}), os quais deveriam, segundo Montgomery (1994), apresentar um valor igual ou superior a 1,33, para que o processo permanecesse sob controle. Porém, foi visto, conforme Figura 7, que o processo na Chaparia se encontrava fora de controle, pois três dos quatro pontos medidos apresentaram um valor para C_p inferiores a 1,33 (Quadro 3).

Com o cálculo do índice C_{pk} , foi comprovado que para os quatro pontos medidos na Chaparia, o processo se encontrava fora de controle, pois para esses quatro pontos, o valor de C_{pk} foi inferior a 1,33. O mesmo não foi observado na Montagem, que além de apresentar

seus pontos dentro dos limites de controle do gráfico, também apresentou um Cp e um Cpk superiores a 1,33, o que garantiu a permanência do processo sob controle. Portanto, observou-se que o processo se encontrava fora de controle na Chaparia e sob controle na Montagem. Com isso, pôde-se concluir que o processo entre os dois pontos da linha de produção (Chaparia e montagem) foi capaz de eliminar o problema encontrado na Chaparia.

As possíveis causas da melhoria do processo entre a Chaparia e a Montagem foram analisadas na Figura 9.

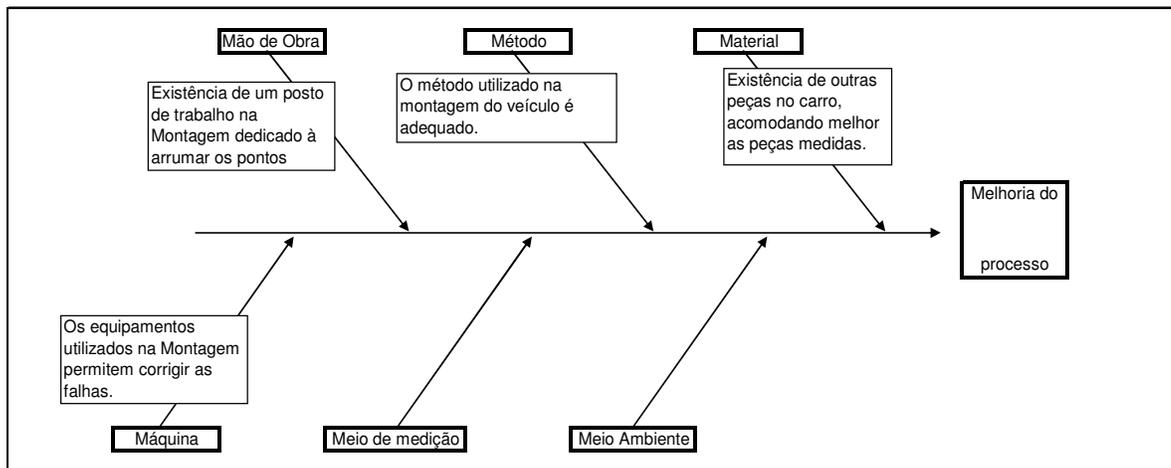


FIGURA 9 – Diagrama causa-efeito da melhoria do processo entre a Chaparia e Montagem.

As principais causas da melhoria do processo foram a existência de um posto de trabalho na Montagem dedicado exclusivamente no acerto dos pontos do veículo medidos no projeto e pelo fato de existirem peças montadas no veículo na Montagem, o que leva a uma melhor acomodação das peças.

As propostas de melhorias sugeridas para a Chaparia, uma vez que a mesma apresentou seu processo fora de controle foram:

- 1 - Aumentar o controle sobre as dimensões das peças utilizadas (matérias-primas).
- 2 - Criar ou transferir o posto de controle dimensional da Montagem para a Chaparia.
- 3 - Aplicar o CEP nas máquinas da Chaparia para verificar se as mesmas estão trabalhando sob controle
- 4 - Verificar a influência do afloramento (diferença de nível entre as peças medidas) das peças nas medições realizadas.
- 5 - Utilizar outros artifícios e não apenas o calço na Chaparia.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A metodologia desenvolvida foi aplicada de forma satisfatória no processo produtivo da empresa automobilística em questão, onde uma conclusão foi tirada sobre a conformidade do seu processo produtivo. Assim, foi apresentada uma metodologia para implantar o CEQ em uma empresa automobilística e verificou-se que a metodologia funciona, apesar de ser necessário ser testada em outro ambiente para verificar sua real adequação.

Os resultados alcançados mostraram a importância do cálculo do índice de capacidade potencial do processo (Cp) e do índice de desempenho do processo (Cpk), pois mesmo estando os pontos medidos tanto na Chaparia como na Montagem dentro dos limites de controle; pode-se observar por meio do cálculo dos índices de capacidade e de desempenho,

que o processo na Chaparia se encontrava fora de controle, com base nos valores reais coletados no processo.

Além disso, foram propostas melhorias ao processo produtivo, com o objetivo de melhorar o processo da Chaparia, podendo-se com isso, eliminar o posto de controle dimensional existente na Montagem, uma vez que o processo se encontraria sob controle desde o seu início, considerando-se o valor identificado na literatura para indústria automobilística.

Cabe destacar que seria interessante implantar o CEQ entre a Chaparia e a Montagem em pontos do veículo entre a lataria e peças montadas na Montagem, como por exemplo, jogo entre capô e o farol do mesmo, pois esses pontos sofrem grandes variações durante o processo produtivo. Outra sugestão seria verificar não somente o jogo existente entre as peças, mas também outros itens de controle, como exemplo o afloramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTAZI, Alberto. **Apostila de metrologia**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. 81p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5429**: planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis – procedimento. Rio de Janeiro, 1985.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Applied statistics and probability for engineers**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 859p.

MORETTIN, Luiz Gonzaga. **Estatística básica**: probabilidade. 6. ed. São Paulo: Makron Books, c195, 185p.

MSP: Matriz Estatística do Processo. [s.l.]: QPB Consultoria e Treinamento, 2003.118p.

SHAININ, Dorian; SHAININ, Peter D. Controle estatístico do processo. In: JURAN, J.M.(Ed.); GRZYNA, Frank M. (Ed.). **Controle de qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1993. cap.24,p.188-250.

SIQUEIRA, Luiz Gustavo Primo; FILHO, Roberto Furini. **Controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: Senai, 1995. 164p.

SOUZA, Marcelo Nunes de. **Metodologia de aplicação do CEQ para melhoria de processos**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: < <http://www.ime.eb.br>>. Acesso em: 15 out 2004.

WERKEMA, Maria Cristina. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. 386p.