

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG

BACHAREL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

THIAGO VICTOR ARAÚJO GONÇALVES

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DE USINAGEM DE PEÇAS
AUTOMOTIVAS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO CENTRO
OESTE DE MINAS GERAIS**

Formiga – MG

2011

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG

BACHAREL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

THIAGO VICTOR ARAÚJO GONÇALVES

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DE USINAGEM DE PEÇAS
AUTOMOTIVAS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO CENTRO
OESTE DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Bacharel em
Engenharia de Produção do Centro
Universitário de Formiga (Unifor-MG) e
como requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Produção.
Orientador: Dr. Alex Magalhães de
Almeida

Formiga – MG

2010

Thiago Victor Araújo Gonçalves

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DE USINAGEM DE PEÇAS
AUTOMOTIVAS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO CENTRO
OESTE DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Bacharel em
Engenharia de Produção do Centro
Universitário de Formiga (Unifor-MG) e
como requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

Ms. Alex Magalhães de Almeida

Ms. Jussara

Formiga – MG

2011

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus.

Agradeço à minha família e minha namorada, pelo apoio e paciência nas horas difíceis. Agradeço também à empresa e colegas de trabalho, que colaboraram para realização e sucesso deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho mostra um estudo de caso realizado em uma indústria de usinagem do ramo automotivo, de linha de peças pesadas (Caminhões e ônibus), utilizando o estudo estatístico através do Controle Estatístico de Processo (CEP) e ferramentas da qualidade, na identificação de anomalias de processo e na busca de suas soluções e aumento da capacidade e performance do mesmo.

Desenvolveu-se dispositivos para o controle do processo e analisou-se sua eficácia através das ferramentas de controle de processo. Contribuindo assim para a redução de custos de processo e desperdícios, aumentando a produtividade. E mostrando caminhos para expansão do sistema para outras áreas do processo, garantindo assim a melhoria contínua do mesmo e a satisfação dos clientes.

Palavras-chave: CEP, qualidade, processo, produtividade.

ABSTRACT

This work presents a case study in an industry machining of automotive, heavy-line parts (Trucks and buses) using the statistical study using the Statistical Process Control (SPC) and quality tools, to identify anomalies process and the search for solutions and increased capability and performance of the same.

Developed devices for process control and analyzed its effectiveness through process control tools. Thus helping to reduce process costs and waste, increasing productivity. And showing the way for system expansion to other areas of the process, thus ensuring the continuous improvement of customer satisfaction and the same.

Keywords: CEP, quality, process, productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

FIGURA 1 – Exemplificação de Histograma.....	21
FIGURA 2 – Diagrama de Causa e Efeito.....	21
FIGURA 3 – Fórmulas de cartas de controle por variáveis.....	25
FIGURA 4 – Características da Carta.....	25
FIGURA 5 – Variação – Causas Comuns e Causas Especiais.....	27
FIGURA 6 – Nova castanha de fixação do Tambor de Freio.....	40
FIGURA 7 – Ilustração da aplicação da fixação do tambor na castanha.....	41

LISTA DE TABELA

TABELA 1 – Dados de Análise Estatística do Processo.....	36
TABELA 2 – Dada de Análise Estatística do Processo.....	46

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Coleta de Dados.....	35
QUADRO 2 – Diagrama de Ishikawa.....	41
QUADRO 3 – Dados de processo após modificações.	41

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Histograma de Análise dos Dados do Processo.....	37
GRÁFICO 2 – Carta de Controle Média antes das ações.....	39
GRÁFICO 3 – Carta de Controle Amplitude antes das ações.....	40
GRÁFICO 4 – Carta de Controle Média após ações tomadas.....	46
GRÁFICO 5 – Carta de Controle Amplitude após ações tomadas.....	47
GRÁFICO 6 – Índice de Peças por Hora.....	49

LISTA DE ABREVEATURAS

CEP – Controle Estatístico de Processo

CNC – Comando Computadorizado

CQ – Controle de Qualidade

EUA – Estados Unidos da América

IQA – Instituto da Qualidade Automotiva

JUSE – Japanese Union of Scientists and Engineers

LC – Limite de Controle

LIC – Limite Inferior de Controle

LSC – Limite Superior de Controle

MASP – Métodos de Análise de Solução de Problemas

PDCA – Plan, Do, Check, Action

RI – Registro de Inspeção

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema.....	15
1.2 Justificativa.....	15
1.3 Hipótese.....	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivos gerais.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3. REFERENCIAL TEORICO.....	18
3.1 Evolução da Qualidade.....	18
3.1.1 Era da Inspeção.....	19
3.1.2 Era do Controle Estatístico.....	19
3.1.3 Era da Qualidade Total.....	22
3.2 O Controle Estatístico de Processo – CEP.....	23
3.2.1 As Ferramentas do CEP.....	24
3.2.1.1 Histograma.....	25
3.2.1.2 Diagrama de Causa e Efeito.....	25
3.2.1.3 Fluxograma e Folha de Verificação.....	26
3.2.1.4 Diagrama de Concentração de Defeitos.....	26
3.2.1.5 Diagrama de Pareto.....	27
3.2.1.6 Diagrama de Dispersão.....	27
3.2.1.7 Gráficos de Controle ou Cartas de Controle.....	27

3.2.1.7.1 Fórmulas da Carta de Controle.....	29
3.3 Amostragem.....	30
3.4 Variabilidade do Processo.....	30
3.4.1 Causas Comuns.....	30
3.4.2 Causas Especiais.....	31
3.5 Capacidade do Processo.....	32
3.5.1 Capabilidade do Processo (Cp e Cpk).....	32
3.5.2 Desempenho do Processo (Pp e Ppk).....	33
3.6 Plano de Controle.....	34
4 METODOLOGIA.....	35
5 PROCEDIMENTO.....	36
5.1 O Processo.....	36
5.1 Obtenção de dados e Planejamento das melhorias.....	36
5.2 Aplicação das melhorias.....	44
5.3 Resultados.....	46
6 CONCLUSÃO.....	51
7 REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Para uma empresa se garantir no mercado é preciso ser competitiva e ter qualidade. Esses são os principais fundamentos para sobrevivência em um mercado tão exigente. Essa busca por melhorias deve ser contínua, pois é através dela que a empresa se garantirá no mercado.

O principal objetivo de uma empresa é a satisfação de seus clientes. E para atender a essa satisfação, é necessário que se conheça o perfil do consumidor. Pois esse, atualmente, exige melhores padrões de qualidade e baixo custo. Além disso, as necessidades das pessoas mudam constantemente, daí a importância de mudança contínua para se garantir num mercado tão competitivo.

Segundo Campos (1992), a garantia da qualidade é uma função que visa confirmar que todas as ações necessárias para atendimento das necessidades dos clientes estão sendo realizadas conforme os padrões estabelecidos sendo melhor que a concorrência.

O mercado no passado não era muito exigente, e visava apenas o produto e a qualidade era mantida apenas na inspeção final, atualmente tornou-se mais exigente, permaneceu mantendo o controle por inspeção final, mas, também preza por controles alternativos como: Controle de Processo (CEP – Controle Estatístico de Processo), formas mais eficazes e aprofundadas de solução de problemas (MASP – Métodos de Análise e Solução de Problemas), Poka-Yoke (Ferramentas automatizadas de detecção de Erros e Falhas) durante o processo produtivo.

O processo de produção deve ser eficaz, com perdas reduzidas e monitoramento do processo, obtido por meio de planejamento neste trabalho. O objetivo é utilizar do controle estatístico para manter a capacidade do processo e do produto, monitorando-os através das cartas de controle os índices de Cp e Pp (Índices de variação do processo), e Cpk e Ppk (Índices combinados de variação e centralização do processo). Por meio destes índices consegue-se avaliar a variação e desempenho do processo, e se necessário, atuando com ferramentas de solução de problemas, tal como o Diagrama de Causa e Efeito para identificação das possíveis causas e suas possíveis soluções. Atendendo às necessidades dos clientes e consumidores finais.

Pretende-se resolver os problemas provocados por defeitos na fabricação de tambores de freio e cubos de roda, através do CEP (Controle Estatístico de Processo), em uma empresa de usinagem.

Neste contexto em que a qualidade não é um detalhe, e sim uma necessidade, e que se propõe analisar e resolver os problemas provocados por defeitos na fabricação de tambores de freio e cubos de roda. Isso possibilitará um considerável ganho de produtividade, com eliminação de desperdícios de processos e insumos, reduzindo consequentemente os custos da produção e produto. Melhorando a qualidade do produto final, e com consequência, uma melhor aceitação de mercado por parte dos clientes e consumidores.

1.1 Problema:

Como reduzir os problemas de baixo nível de C_p , C_{pk} , P_p e P_{pk} , por meio de cartas de Controle Estatístico de Processo (CEP), eliminando assim, as perdas no processo de usinagem da pista de frenagem de Tambores de Freio e diâmetro do rolamento dos Cubos de Roda ?

1.2 Justificativa

Devido aos avanços das pesquisas e tecnologia na área industrial, as empresas, a sociedade e os estudiosos do ramo industrial, estão em busca de novas ferramentas e tecnologias, que tragam maior eficiência no controle dos processos e qualidade dos produtos. Motivados pelo crescimento e o alto desenvolvimento do setor industrial, aumentou-se a concorrência de mercado, sobrevivendo apenas aqueles que buscam um padrão de qualidade diferenciado e baixos custos de produção. Segundo Campos (1992), quanto maior a produtividade de uma empresa, gerando mais empregos e estabilidade no mercado, satisfazendo a necessidade de seus clientes e com menor custo de produção.

Diante da realidade de mercado e da busca de melhoria contínua, surgiu o Controle Estatístico de Processo (CEP), onde por meio de modelos estatísticos como histogramas, Diagramas de Causa-e-Efeito, Cartas de Controle, etc. Busca-se o refinamento dos processos produtivos e aumento da qualidade dos produtos, com ferramentas sem custos diretos na aplicação, trabalhando com indicadores que auxiliarão nas tomadas de ação para redução de perdas durante o processo e consequentemente redução de custo e aumento de lucros. Segundo Montgomery (2004) a aplicação do Controle Estatístico do Processo em uma empresa trará a estabilidade do

processo e a redução de variabilidade. Não satisfaz apenas cumprir as exigências, quanto maior a redução da variabilidade do processo, melhor será o desempenho do produto e melhoraria da imagem com relação a concorrência de mercado.

Com este trabalho, pretende-se realizar uma proposta de aplicação do CEP em uma empresa de usinagem na cidade do Centro Oeste de Minas, a fim de aperfeiçoar e controlar o processo de usinagem de Tambores de Freio e Cubos de Roda, buscando melhorias no processo produtivo, aumento da qualidade dos produtos e a redução de custos de produção.

Para isso será desenvolvido um estudo de caso analisando a situação atual da empresa e propondo soluções para melhor eficiência do processo, onde o mesmo encontra-se com algumas defasagens de controle e falta de ferramentas adequadas para auxiliar nas tomadas de decisões tendo um papel relevante na busca da melhoria contínua do processo produtivo e da qualidade do produto final, gerando retorno financeiro para empresa e aumento da satisfação dos clientes internos e externos e um melhor conceito de mercado.

1.3 Hipótese

Este trabalho baseia-se na busca da redução de perdas de processo decorrente da instabilidade do sistema produtivo. Obtendo assim a melhoria contínua do processo e produto, através das técnicas estatísticas e o diferencial de mercado.

2 OBJETIVOS

A fim de traçar os parâmetros orientativos deste trabalho, firmam-se os seguintes objetivos.

2.1 Objetivo Geral:

Desenvolver um estudo a fim de aplicar as ferramentas do Estudo Estatístico de Processo – CEP, buscando o aumento da qualidade do produto e processo em uma empresa de usinagem de peças automotivas em cidade do Centro Oeste de Minas.

2.2 Objetivo Específico:

- Descrever o processo atual e avaliar a situação de operação.
- Aplicar as ferramentas do CEP por meio de cartas de controle e planilhas de registro, para auxílio nas tomadas de decisões para as ações corretivo-preventivas.
- Sugerir mudanças que colaborarão para a qualidade do produto final.
- Executar sistemas de cálculos em planilhas EXCEL para auxiliar a empresa na realização dos cálculos e análise dos resultados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Evolução da Qualidade

Não tem como falar de Controle Estatístico de Processo (CEP), sem falar de Qualidade. A qualidade teve início na Revolução Industrial, com a concepção das linhas de produção seriadas de Ford, mas de forma discreta e sem levar em conta a satisfação dos clientes.

A qualidade tornou-se um dos mais importantes fatores de decisão dos consumidores na seleção de produtos e serviços que competem entre si. O fenômeno é geral, independente do fato de o consumidor ser um indivíduo, uma organização industrial, uma loja de varejo, ou um programa militar de defesa. Conseqüentemente, compreender e melhorar a qualidade é um fator-chave que conduz ao sucesso, crescimento e a uma melhor posição de competitividade de um negócio. A melhor qualidade e o emprego bem-sucedido da qualidade como parte integrante da estratégia geral da empresa produzem retorno substancial sobre o investimento.

(MONTGOMERY, 2004, p. 1)

“O controle permanente dos processos é condição básica para a manutenção da qualidade de bens e de serviços. Não existe na literatura uma definição única e universal para qualidade”. (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2005, p. 15)

Conforme Costa, Epprecht e Carpinetti (2005, p. 15), os gurus da qualidade definiram qualidade como: Juran em 1999, estabeleceu que qualidade é adequação ao uso. Deming em 2000 julga que, qualidade significa atender e, se possível, exceder as expectativas do consumidor. Crosby em 1995 estabeleceu a idéia de que qualidade significa atender as especificações. Taguchi em 1999 propôs o significado, a produção, o uso e o descarte de um produto sempre acarretam prejuízos para a sociedade, e quanto menor for o prejuízo, melhor será a qualidade do produto.

Segundo Prieto, Prieto e Carvalho (2005), qualidade é o resultado de um esforço de planejamento, que conta com a participação de todos da organização, desde a diretoria ao nível mais inferior de operação, não está restrita a ações de um único nível organizacional e nem pelo esforço de uma única área ou setor produtivo.

A qualidade, desde sua criação, passou por três importantes fases: era da inspeção, era do controle estatístico e era da qualidade total.

3.1.1 Era da Inspeção

Segundo Oliveira et al (2004), os artesãos e seus clientes aplicava o controle de qualidade através da inspeção de seus produtos atrás de anomalias, o que ocorreu pouco antes da Revolução Industrial, marca na qual a qualidade atingiu seu auge através do controle de inspeção, o qual era realizado sem padrões definidos e buscava encontrar apenas os defeitos de fabricação. A inspeção final não garantia total qualidade dos produtos, e havia um grande custo quanto ao tempo de produção perdido , e os custos de retrabalho.

A inspeção final segundo Galuch (2002) é uma atividade que faz parte do Controle da Qualidade (CQ), onde busca-se identificar e avaliar o nível de qualidade de um produto, amostra, lote e/ou processo, conforme os padrões estabelecidos pelos clientes e normas vigentes.

3.1.2 Era do controle estatístico

Para aperfeiçoar as técnicas de inspeção e qualidade, surgiu através do americano Walter Andrew Shewart, as técnicas estatísticas de controle da qualidade. E devido à segunda guerra mundial, segundo Montgomery (2004), as vivencias e experiências vivenciadas na guerra e pós-guerra, tornou-se claro que as técnicas estatísticas eram necessárias para controlar e melhorar a qualidade dos produtos, os Estados Unidos da América (EUA), utilizou-se destas técnicas estatísticas para implementação em seus fornecedores e espalhando o novo método de controle pelo mundo

Com a derrota na Segunda Guerra Mundial, o Japão deparou-se com a realidade de estar completamente destruído e necessitando iniciar seu processo de reconstrução. Com isso, Deming, um americano e guru da qualidade, foi convidado pela Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE), para proferir palestras sobre o Controle Estatístico de Processo (CEP), Ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Action), que também ficou conhecido como Ciclo de Deming da Qualidade, e também palestra sobre Gestão da Qualidade, tendo como público alvo, empresários, engenheiros e industriais, segundo Longo (1996).

Segundo Ishikawa (1986), por motivos de gratidão aos serviços prestados ao Japão pelo Dr. E. W. Deming, o qual conduziu diversos cursos e palestras, para

eternizar esta gentileza de Deming, que cedeu os direitos autorais de suas palestras as indústrias japonesas, a JUSE instituiu o prêmio Deming de Qualidade aqueles que contribuíram de forma marcante para a disseminação das técnicas de controle estatístico da qualidade e às empresas onde o Controle Estatístico da Qualidade foi conduzido de forma exemplar.

Segundo Montgomery (2004), Dr. Deming utilizou-se de uma filosofia de 14 pontos para o gerenciamento.

1. Criar ações consistentes focadas na melhoria dos produtos e serviços. Manter o empenho na melhoria do projeto e no desempenho dos produtos. Investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação trarão retorno à longo prazo para a organização.
2. Estabeleça uma filosofia mais firme quanto a má qualidade no processo. O custo quanto ao retrabalho terá o mesmo valor que o custo da produção, portanto o produto terá o valor de produção dobrado, quando necessário retrabalho, inviabilizando, às vezes, o processo.
3. Não confie em inspeção de massa para “controlar” a qualidade, ela pode ser falha em se tratando de defeitos robustos, e é ineficaz quanto a redução de custos de produção, pois só ela só irá detectar as anomalias após a produção do produto, não sendo possível resgatar o capital gasto na produção do produto não conforme. A inspeção, tipicamente, ocorre muito tarde no processo, é dispendiosa e, em geral, ineficaz. A qualidade resulta da prevenção de itens defeituosos através de melhoria no processo, e não de inspeção.
4. Não premie os fornecedores com a realização de negócios com base apenas no preço, mas considere, também, a qualidade. O preço é apenas a medida utilizada para mensurar o produto do fornecedor. Compre com base também na qualidade e nas técnicas inovadoras de melhorias de processo que seu fornecedor aplica em seu produto, a fim de estabelecer a capacidade de seu processo.
5. Concentre-se no aprimoramento contínuo. Busque sempre a melhoria contínua de seu sistema produtivo. Envolver todos os colaboradores da empresa nessas atividades e faça o uso de métodos estatísticos.
6. Coloque em prática os métodos de treinamento atuais e treine todos os colaboradores. Todos devem obter conhecimento técnico quanto a tarefa que irá executar, bem como nos métodos modernos de melhoria da qualidade e

- produtividade. O treinamento deverá estimular os colaboradores a busca de melhorias para seu processo e para a empresa.
7. Ponha em prática os métodos modernos de supervisão. Supervisão não pede ser concentrada apenas no controle e vigilância de seus funcionários, mas deve se concentrar em ajudar os empregados a buscar melhorias para o sistema no qual trabalham. O principal objetivo da supervisão deve ser melhorar o sistema de trabalho e o produto, juntamente com seus funcionários.
 8. Estimule os funcionários a repassarem informações sobre o processo, em muitas organizações, a perda econômica relacionada a falta de comunicação entre colaboradores e gerências devido ao medo é grande, apenas o gerenciamento pode desinibir os colaboradores.
 9. Elimine as separações setoriais da empresa. O trabalho em equipe entre diferentes unidades da organização é essencial para que ocorra uma melhoria contínua da qualidade e de processos e serviços, sólida.
 10. Descarte formas de comunicações de metas que contenham alvos intangíveis, slogans e números complexos para os empregados. Objetivos como “zero defeito” será ineficaz, se não for realizado uma preparação e um plano de ação para consolidação e aplicação do mesmo. Na verdade, tais slogans e programas são desmotivantes. Trabalhe para melhorar o sistema e forneça informações claras e objetivas sobre isso.
 11. Elimine quotas numéricas e padrões de trabalho sem fundamentos lógicos. Estabeleça sua própria metodologia de trabalho. Os padrões de trabalho são, em geral, sintomas de incapacidade da gerencia de entender o processo de trabalho e de propiciar um sistema de gerenciamento efetivo centrado na melhoria deste processo.
 12. Removam as barreiras que desencorajam os empregados a fazerem seus trabalhos. O gerente deve estabelecer um vínculo de ajuda mutua com seus empregados, a fim de reconhecer as melhorias de processo repassadas pelos mesmos. Às vezes uma grande idéia poderá surgir dos processos de operação, já que estes lidam com a situação diariamente, e muitas das vezes são os primeiros a perceber as fontes das anomalias. A força de trabalho é um participante importante no negócio, e não apenas um oponente nas negociações coletivas.
 13. Institua um programa permanente de treinamento e educação para todos os empregados. Educação em técnicas estatísticas simples, mas poderosas, deveria

ser de conhecimento obrigatório para todos os empregados. O uso das ferramentas básicas do CEP para resolução de problemas particularmente o gráfico de controle, deve-se tornar comum na empresa e de uso de todos os envolvidos no processo. Conforme estes gráficos se espalham pelos setores e que os empregados entendam seu uso, é mais provável que estes empregados procurem as causas da baixa qualidade e identifiquem as melhorias no processo. A educação é uma maneira de tornar todos parceiros no processo de melhoria da qualidade.

14. Crie uma estrutura no nível mais alto da gerência que defenderá, com vigor, os 13 primeiros pontos.

Através destes 14 pontos relatados por Deming, percebe-se que há um forte enfoque no envolvimento dos colaboradores do processo, e exige mais atitudes dos supervisores de processo em dar melhor suporte aos níveis operacionais e escutar suas opiniões e sugestões, e não apenas ficar monitorando visualmente o processo, e também ressalta a participação mais direta da direção e alta gerência em fornecer condições para que o sistema funcione melhor e mais eficazmente.

Segundo Oliveira, et al (2004), o controle por inspeção foi se tornando inviável, devido ao aumento da demanda de produtos exigidas pelo mercado, onde estava sobrecarregando as linhas de produção, com isso foi implementado as técnicas estatísticas a fim de aprimorar e agilizar a inspeção nas linhas de produção. Através desta técnica, eram selecionados produtos na linha de produção aleatoriamente para serem inspecionados, de tal forma que este lote amostral representasse a qualidade de todo o lote produzido.

3.1.3 Era da qualidade total

Segundo Campos (1992), é um sistema americano que foi aperfeiçoado no Japão, e introduzido logo após a Segunda Guerra Mundial. É um sistema que envolve todos os colaboradores da empresa no estudo. Tem como finalidade medir a qualidade de produtos, serviços e satisfação dos clientes.

3.2 O Controle Estatístico de Processo (CEP)

O CEP tem como função básica padronizar a produção de forma a evitar a variabilidade. Variabilidade, são oscilações ocorridas nas especificações dos produtos finais de uma organização durante seu processo produtivo. Essa variação compromete o sistema de qualidade visto que alguns produtos deverão ser retrabalhados ou simplesmente sucateados.

Segundo Reis (2001), as ferramentas de controle estatístico tem como base, identificar os problemas dos processos e estabelecer as causas das anomalias, seu grau de risco e suas possíveis soluções através das ferramentas do CEP, a fim de estabelecer um grau de confiabilidade aceitável para o processo. E a variabilidade do processo é algo natural, tornando impossível a produção de dois itens idênticos. Quando a variabilidade é pequena, não causa impactos ao produto e conseqüentemente, ao seu consumidor, com isso, damos o processo como capaz, caso contrário, torna-se o produto e processo inaceitável.

É importante ressaltar que o CEP permite a monitoração contínua do processo, possibilitando uma ação imediata assim que um problema for detectado, encaixando-se dentro da filosofia que preconiza a construção da Qualidade dentro do processo e a prevenção de problemas. Essas características são de extrema importância, e precisam ser enfatizadas em qualquer processo de ensino/instrução de CEP. (REIS, 2001, p. 49)

Conforme Galuch (2002), o conceito de Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), é uma base para definir o comportamento do processo como bom e aceitável. Rastreamento, identificando e eliminando os problemas do processo a fim de produzir produtos apenas com a qualidade aceitável.

O Controle Estatístico do Processo (CEP), desde que inserido num programa de melhoria contínua, utiliza as técnicas estatísticas para analisar o comportamento do processo de fabricação, efetuar ações corretivas que permitam mantê-lo dentro de condições preestabelecidas e tem como objetivo, evitar a produção de itens de qualidade insatisfatória, melhorando e assegurando a qualidade da produção para satisfazer os consumidores. Esse tipo de controle reduz os custos evitando desperdícios e retrabalho. Além disso, maximiza a produtividade, identificando e eliminando as causas de variação do processo e reduz a necessidade de inspeção de produtos. (GALUCH, 2002, p. 22)

Com o controle estatístico são retirados lotes amostrais da produção, em quantidades representativas para o processo, procurando eliminar as causas de anomalias durante o processo e não em sua inspeção final. Significa, então, firmar um ciclo de coleta de dados com determinada frequência e ajustar o processo continuamente

conforme a necessidade. Os dados colhidos através das cartas de controle são lançados em planilhas, e feito o seu monitoramento e interpretação dos resultados através de gráficos, técnica desenvolvida por Shewhart.

Através dos dados estatísticos do processo é que se busca a melhoria contínua. E segundo Montgomery (2004), “Estatística é a ciência de analisar dados e tirar conclusões, levando em conta a variação dos dados”.

Segundo Costa, Epprecht, e Carpinetti (2005), todo e qualquer processo possui em sua variabilidade um componente, conhecido na área industrial como ruído de processo, que é impossível de ser eliminado, por mais bem projetado e bem controlado que seja este processo, que se trata da variabilidade natural do processo, fruto de pequenas perturbações, ou causas aleatórias, que não há muitas formas de controle. Há também as causas especiais, as quais deslocam a distribuição da variável aleatória, ou seja, é uma causa que irá tirar o processo dos valores ideais de controle, causando perturbações maiores que as provocadas pelo ruído de processo, é uma operação anormal de processo, passiva de correção e eliminação.

Segundo Montgomery (2004), o CEP tem como maior objetivo a rápida detecção das ocorrências de causas atribuíveis das mudanças de processo, de modo a identificar as causas e agir em busca de sua correção, antes que muitas unidades não-conformes sejam fabricadas.

3.2.1 As ferramentas do CEP

Segundo Ishikawa (1986), foram criadas sete ferramentas cognominadas como 7 Instrumentos para Qualidade, onde serão compreendidas, analisadas e utilizadas por todos os níveis da empresa. Com isso 95% dos problemas existentes poderão ser solucionados com o auxílio destes 7 instrumentos do CQ, que são:

- 1- Histograma;
- 2- Diagrama de Causa e Efeito;
- 3- Fluxograma e Folha de Verificação;
- 4- Diagrama de Concentração de Defeitos;
- 5- Diagrama de Pareto;
- 6- Diagrama de Dispersão;
- 7- Gráficos de Controle;

3.2.1.1 Histograma

“Histograma é uma ferramenta estatística que fornece a frequência de ocorrência de um determinado valor ou classe de valores em um grupo de dados”. (CARBURON, MORELES 2006. p 2)

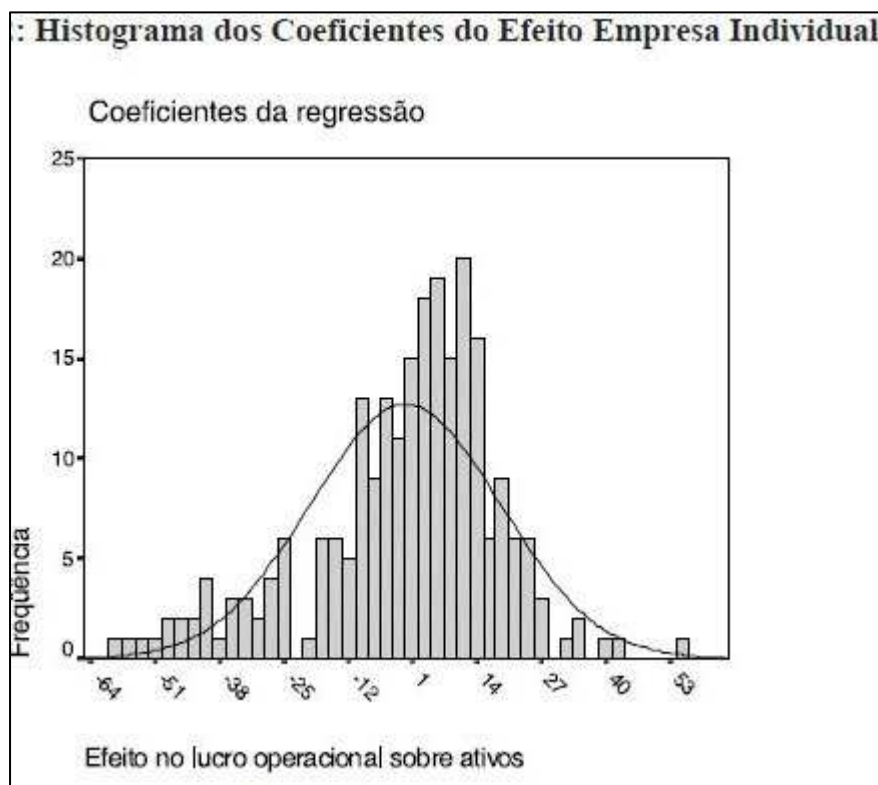


FIGURA 1 – Exemplificação de Histograma.

Fonte: Adaptação Revista de Administração Contemporânea vol. 8

3.2.1.2 Diagrama de Causa e Efeito

Diagrama de Causa e Efeito, segundo Carburon, Morales (2006), é uma ferramenta de análise de fatores técnicos que pode ser utilizada para correlacionar os resultados do processo e suas falhas, as quais podem interferir no resultado desejado.

Segundo Montgomery (2004), o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta essencial na aplicação do CEP, pois se aplicado corretamente e detalhadamente, permite identificar, localizar, propor soluções e reparar os problemas sem que centralize a culpa do mesmo (FIG. 2).

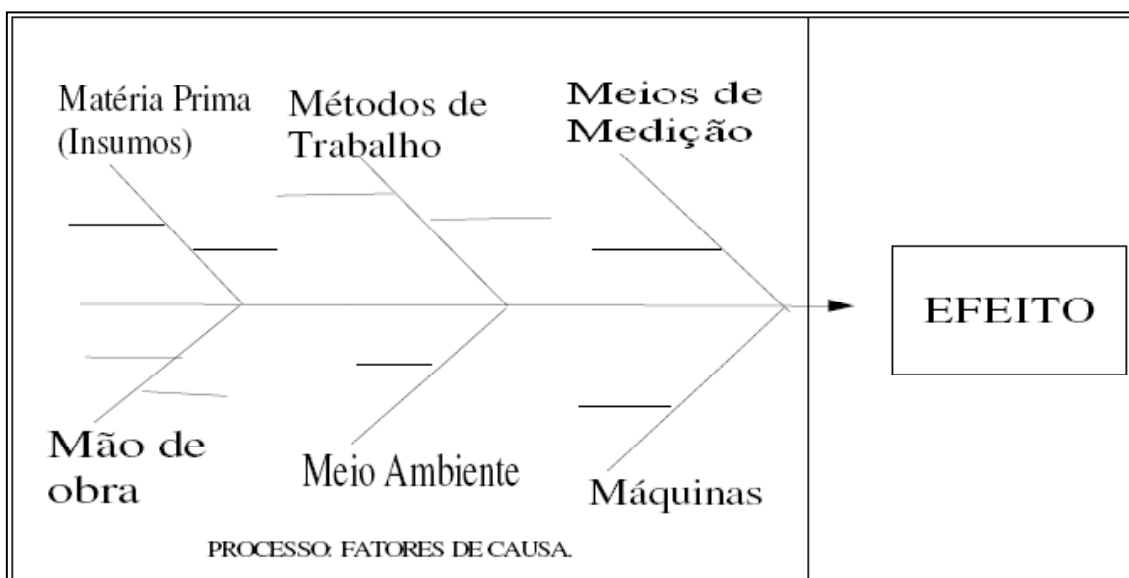


FIGURA 2 – Diagrama de Causa e Efeito.

Fonte: Dissertação “Aplicação do controle estatístico de processo em seqüências curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento econômico”. CORTIVO (2005)

3.2.1.3 Fluxogramas e Folha de Verificação

Segundo Juran (1992), é a representação das etapas de um processo através de meios gráficos. Quanto a montagem do fluxograma de uma empresa envolvem o empenho de uma equipe multifuncional, os benefícios obtidos no processo são maiores.

Segundo Montgomery (2004), as folhas de verificação ou folhas de controle, são muito útil para a coleta de dados no processo e históricos de processo. Estas devem ser bem projetadas e preenchidas, para evitar problemas futuros quanto a aplicação dos dados obtidos nas ferramentas subsequentes.

3.2.1.4 Diagrama de Concentração de Defeitos

Segundo Montgomery (2004), o Diagrama de Concentração de Defeitos busca localizar os defeitos e determinar se estes oferecem alguma informação para auxílio na análise da solução do problema, identificando se há uma concentração maior na ocorrência da anomalia em uma determinada área do produto ou processo.

3.2.1.5 Diagrama de Pareto

Segundo Cortivo (2005), o Diagrama é uma criação do italiano Vilfredo Pareto, que foi um estudioso da distribuição de riquezas de sua época, em que na época descobriu que havia uma grande desigualdade social, onde poucos possuíam grandes riquezas e muitos nada tinham. Através desta descoberta, Juran, após ter a mesma percepção, que esta relação de desigualdade também estava ocorrendo com os problemas da qualidade, aplicou então o diagrama de Pareto, para auxiliá-lo na solução dos problemas. O diagrama de Pareto consiste em uma representação gráfica de dados, em ordem decrescente de frequência, e através desta informação possa centralizar os esforços de melhorias nos pontos onde obterá maiores ganhos. Conclui-se então que o diagrama de Pareto tem como finalidade indicar os principais problemas do processo de forma gráfica.

3.2.1.6 Diagrama de Dispersão

Segundo Montgomery (2004), o diagrama de dispersão serve para realizar a identificação de relações potenciais entre duas variáveis, ou seja, é uma ferramenta útil na identificação de relações potenciais.

3.2.1.7 Gráficos de Controle ou Cartas de Controle

O Gráfico de Controle, segundo Reis (2001), é uma comparação gráfica do desempenho de um processo com um limite de controle, obtendo o resultado através da distribuição dos pontos no gráfico conforme os padrões aleatórios e dentro dos limites de especificação. Chega-se então a análise quanto ao status do processo de sob controle, que é quando o gráfico com os pontos aleatoriamente distribuídos, e fora de controle, que é quando os pontos ultrapassam os limites de controle do gráfico ou os mesmos não estão aleatoriamente distribuídos.

Segundo IQA (Instituto da Qualidade Automotiva) (2005), Cartas de controle é uma representação típica de CEP, onde, processos e resultados caracterizam pelas medições de suas variáveis.

Segundo Montgomery (2004), Gráfico de Controle é uma forma de se caracterizar de maneira precisa, o que se entende por controle estatístico, e pode ser utilizado de várias maneiras.

Segundo Carburon e Morales (2006), os gráficos de controle são utilizados no registro de tendências e desempenho sequencial ou temporal de um processo, mostrando a variação ao longo do tempo de uma característica de controle de qualidade. Os gráficos são formados por três linhas paralelas principais, que são: a linha inferior do gráfico é referente ao Limite Inferior de Controle (LIC), a linha central é referente a Média (\bar{X}), e a linha superior é referente ao Limite Superior de Controle (LSC).

Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2005) são utilizados, na maioria dos casos, dois tipos de gráficos de controle, \bar{X} e R, que são respectivamente, média e amplitude, os quais monitoram uma grandeza mensurável X de um processo, através de uma análise periódica de amostragem.

3.2.1.7.1 Fórmulas da Carta de Controle

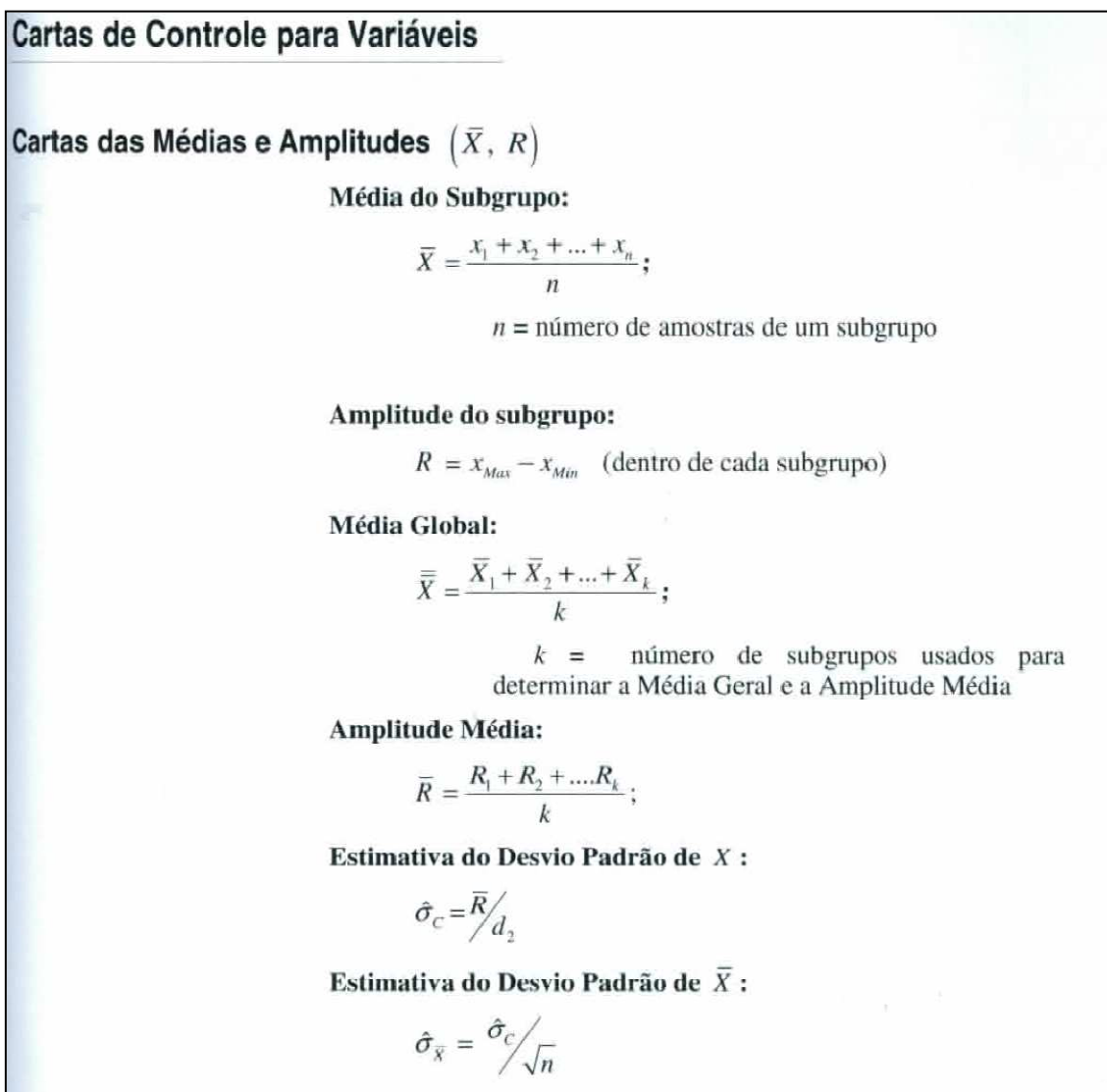


FIGURA 3 – Fórmulas de cartas de controle por variáveis.

Fonte: IQA (2005, p. 79)

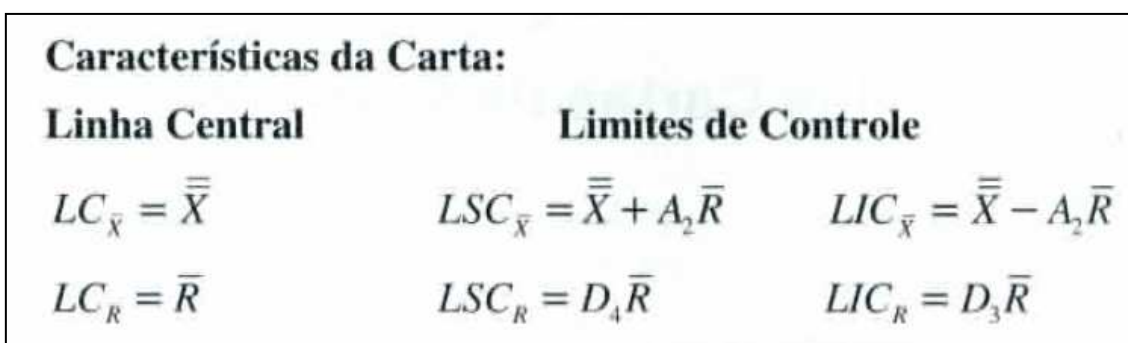


FIGURA 4 – Características da Carta.

Fonte: IQA (2005, p. 80)

3.3 Amostragem

Segundo Drumond (2008) apud (MARTINS, 2005), existem três tipos de amostras: simples, sistêmica e estratificada. Onde a simples é a mais utilizada, é retirado a amostra de uma população sem uma sistemática definida, até atender ao número total desejado. Na amostra sistêmica, a coleta de dados é realizada através de um padrão já estabelecido. A amostra estratificada é mais utilizada em populações mais heterogêneas, subdividindo a população em subgrupos mais ou menos homogêneos, os quais são denominados estratos.

3.4 Variabilidade do Processo

Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), a variabilidade de um processo se assimila com as divergências entre os produtos produzidos em um processo. Esta variabilidade pode ser de fácil percepção, quando as causas forem de grande proporção, ou de difícil percepção, quando a variabilidade for pequena.

Devido às várias fontes de variabilidade de um processo, um produto ou característica nunca serão iguais. Estas variações podem ocorrer em curto prazo ou em longo prazo. As variações são separadas e denominadas como Causas Comuns e Causas Específicas.

3.4.1 Causas Comuns

Segundo Montgomery (2004), causas comuns são variáveis inerente ou natural do processo, que sempre existirá. É o efeito cumulativo de várias causas menores, que não colocarão o processo fora de controle.

As causas comuns agem de forma consistente no processo e são provenientes de várias fontes, estas produzem uma distribuição estável e repetitiva ao longo do tempo onde também resulta em um sistema estável de causas prováveis, tornando o processo previsível e sob controle, segundo o IQA (2005).

3.4.2 Causas Especiais

Segundo Montgomery (2004), causas especiais são as variações de processo maiores que o ruído de fundo ou causas comuns, estas são provocadas por alguma anomalia de processo e tornam o mesmo inaceitável ou fora de controle.

Segundo o IQA (2005), são causas intermitentes ou imprevisíveis, as quais afetam apenas parte dos resultados do processo, estas são detectadas através dos gráficos de controle que irão indicar um ou mais pontos fora dos LIC ou LSC, ou também causam a distribuição não aleatória dos pontos no gráfico (FIG.5).

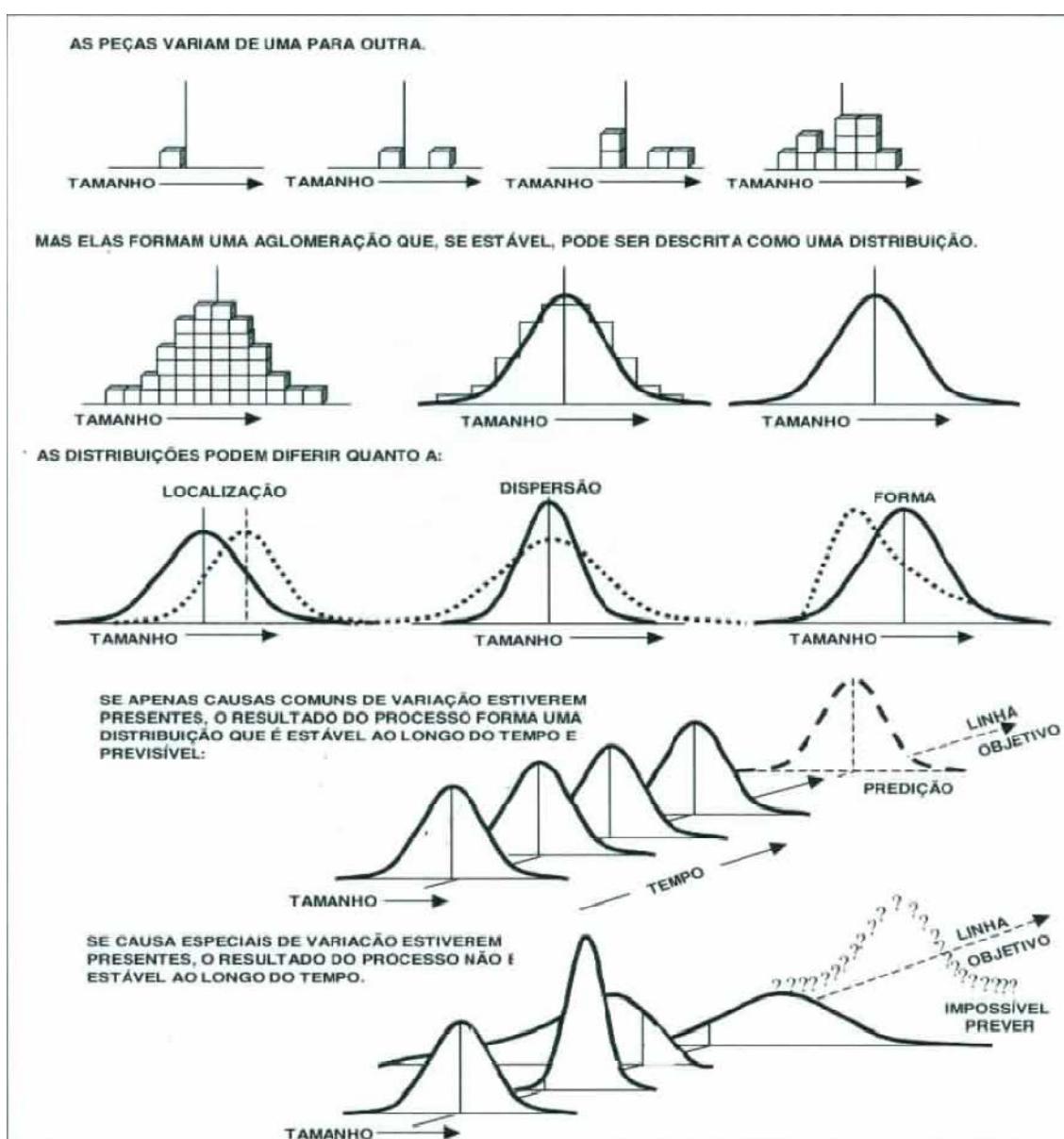


FIGURA 5 – Variação – Causas Comuns e Causas Especiais.

Fonte: IQA (2005, p. 12)

3.5 Capacidade do Processo

Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), capacidade do processo é a medição da capacidade que o processo possui de produzir itens dentro dos padrões estabelecidos.

Segundo Samohyl (2009), capacidade de processo é uma medida numérica entre dois conceitos estatísticos.

A capacidade do processo pode ser definida com índices estatísticos de Capabilidade do Processo (Cp) e Desempenho do Processo (Pp).

Segundo o IQA (2005), Capabilidade do Processo é a amplitude $6\hat{\sigma}$ da variação inerente do processo, mas válido apenas para processos estatisticamente estáveis, onde estima-se $\hat{\sigma}$ por \bar{R}/d_2 ou \bar{s}/C_4 . E Desempenho do Processo (Pp), é a amplitude $6\hat{\sigma}$ da variação total do processo, onde $\hat{\sigma}$ é estimado pelo desvio padrão do processo total (s).

3.5.1 Capabilidade do Processo (Cp e Cpk)

Segundo Samohyl (2009), o índice de capabilidade Cp, é utilizados para processos centrados, ou seja, é a distância entre o limite de especificação superior (LSC) e o limite de especificação inferior (LIC) dividido pela variabilidade natural do processo igual a seis desvios-padrão. E o índice de capabilidade Cpk, é utilizado para processos não centrados, e é calculado pela distância entre a média do processo e um dos limites de especificação.

Calcula-se o desvio padrão através de uma das seguintes expressões:

$$Cp = \frac{LSC - LIC}{6\sigma_c} = \frac{LSC - LIC}{6 \bar{R}/d_2}$$

$$Cpk = \frac{LSC - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{\bar{X} - LIC}{3 \bar{R}/d_2}$$

“Cp e Cpk, sempre devem ser avaliados e analisados em conjunto. Um valor de Cp significativamente maior do que Cpk correspondente indica uma oportunidade de aperfeiçoamento pela centralização do processo”. (IQA, 2005, p. 132)

Sendo assim, $Cpk \leq Cp$.

3.5.2 Desempenho do Processo (Pp e Ppk)

O índice Pp segundo IQA (2005), compara o desempenho do processo com a variação máxima permitida pela tolerância estipulada, oferecendo assim uma média indicando como o processo atende as necessidades de variabilidade. Pp é calculado através da fórmula:

$$Pp = \frac{LSC - LIC}{6\sigma_p} = \frac{LSC - LIC}{\sigma_s}$$

A centralização do processo não causa interferência em Pp.

Segundo o IQA (2005), é o índice de desempenho que leva em consideração a centralização do processo e seu desempenho. Para uma distribuição bilateral, Ppk sempre será menor ou igual a Pp quando o processo estiver centralizado. Calcula-se Ppk pela fórmula:

$$PPU = \frac{LSC - \bar{\bar{X}}}{3\sigma_p} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSC}{3s}$$

ou

$$PPL = \frac{LSC - \bar{\bar{X}}}{3\sigma_p} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSC}{3s}$$

Segundo Schissatti (2008) apud Galuch (2002), é comum utilizar-se como valor padrão de referência mínima 1,33, para Cp, Cpk e Pp, Ppk. Este valor indica a

possibilidade de trabalho com uma dispersão de amplitude 8σ , dentro das margens de tolerâncias estabelecidas para o produto.

3.6 Plano de Controle

Plano de controle segundo IQA (2008) é um documento que descreve as ações necessárias de todas as etapas do fluxo de processo, visando assegurar que todos os outputs estejam sob controle, e estabelecer as frequências de verificação e planos de reação, caso haja alguma anomalia de processo. É um documento vivo, devendo acompanhar o produto durante todo seu ciclo de vida dentro da empresa, refletindo os processos atuais e os meios de medição e registros de controle.

4 METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo um estudo de caso quanto ao sistema de CEP em uma empresa de usinagem, a fim de estabelecer um controle de processo durante a fabricação, evitando a ocorrência de anomalias no final do processo produtivo, pois as mesmas serão analisadas e tratadas durante o processo.

A empresa em questão está situada no Centro Oeste de Minas, onde tem como processo e produto a usinagem de peças em ferro fundido cinzento e nodular, para veículos pesados. A produção é realizada através de tornos e centros de usinagem, todos tipo CNC, ou seja, máquinas de processo totalmente automáticas, e é onde será realizado o controle estatístico através da coleta de dados amostrais de produção. A empresa tem a capacidade produtiva diária de aproximadamente 10.000 peças dia, onde será realizado um estudo amostral de 125 peças por produto estudado.

A análise de dados enquadra-se como uma pesquisa quantitativa e, por se tratar de estudos de quantidade e frequência de anomalias de processo e uma pesquisa Teórico-empírica, onde segundo Lüdorf (2004), trata-se de uma pesquisa bibliográfica, mas que terá também uma coleta de dados na fonte do problema, de onde será extraído informações para a análise e estudo de causas. E segundo Marconi e Lakatos (2010), trata-se de um estudo através de amostragem probabilística, onde tem como característica primordial a submissão dos dados a um controle estatístico, na investigação e execução dos métodos de trabalho, não se deve concentrar em apenas uma técnica de análise, e sim em todos os tipos cabíveis que forem necessários ou aprimorados para a situação em questão. Através disto os resultados serão trabalhados utilizando as ferramentas do CEP e planilhas de EXCEL e software MINITAB, as quais irão auxiliar nos cálculos das amplitudes e médias de processo e confeccionados os gráficos de controle e histograma, para facilitar a interpretação dos dados, e as demais ferramentas serão utilizadas na detecção e solução das possíveis anomalias.

5 PROCEDIMENTO

5.1 O processo

O processo é realizado por um torno vertical CNC (Comando Numérico Computadorizado), e ferramenta de usinagem com ponta em pastilha tipo vídia lisa. O tambor é fixado no torno com castanhas retas, apoiadas na lateral externa do tambor de freio. O sistema de usinagem é realizado com uma razão de avanço de 0,7 mm por giro. O material do tambor de freio é em Ferro Fundido Cinzento, estrutura que favorece a troca de calor do material, mas de resistência mecânica reduzida (200 Mpa mínimo), e por este motivo causa a ovalização do diâmetro da pista de frenagem do tambor de freio, devido o seu aquecimento durante o processo de usinagem causando a dilatação e contração do metal. E como o ponto de fixação do tambor na castanha é reto e de pouca área de contato, esta não consegue prevenir a variação, e conseqüentemente ocorre o problema em questão (ovalização).

O controle do processo é estabelecido através do Plano de Controle, o qual é a ferramenta que define os pontos críticos do processo, onde são estabelecidas as medições a serem realizadas e também sua frequência de inspeção a ser e registro.

5.2 Obtenção de dados e Planejamento da melhoria

A coleta de dados é realizada através do Registro de Inspeção (RI), respeitando a frequência estabelecida no Plano de Controle.

Para identificação do problema, foi realizado um estudo de CEP do processo, conforme para avaliação da capacidade e performance do mesmo, utilizando uma planilha de “Process Capability Certification Report” (Certificado de Verificação de Capacidade do Processo), que utiliza a plataforma do software Excel.

Após a coleta de dados do processo e análise dos mesmos, conforme apresentado no QUADRO 1.

DADOS DE PROCESSO		
n	G1	G2
1	285,10	285,05
2	285,20	285,10
3	284,95	285,10
4	285,05	285,10
5	285,10	285,10
6	285,10	285,05
7	284,95	285,10
8	285,05	285,10
9	285,05	285,00
10	285,10	285,10
11	285,10	285,10
12	285,10	285,05
13	285,10	285,10
14	284,94	285,00
15	285,10	285,10
16	285,10	285,10
17	285,05	285,10
18	285,10	285,05
19	285,10	285,10
20	285,10	285,10
21	285,05	285,10
22	285,10	285,10
23	285,10	285,10
24	285,10	285,05
25	284,95	285,20

QUADRO 1 – Coleta de Dados.

FONTE: Autor

Percebe-se uma grande variação entre os resultados obtidos durante o processo de produção, conforme análise do Histograma (GRAF. 1). Os índices de capacidade e performance também não foram alcançados, onde os limites mínimos solicitados pelos clientes é de 1,33. E constatou-se também a existência de peças fora dos limites de especificação, causando o risco de envio de peças de má qualidade para os clientes conforme observado na TAB. 1.

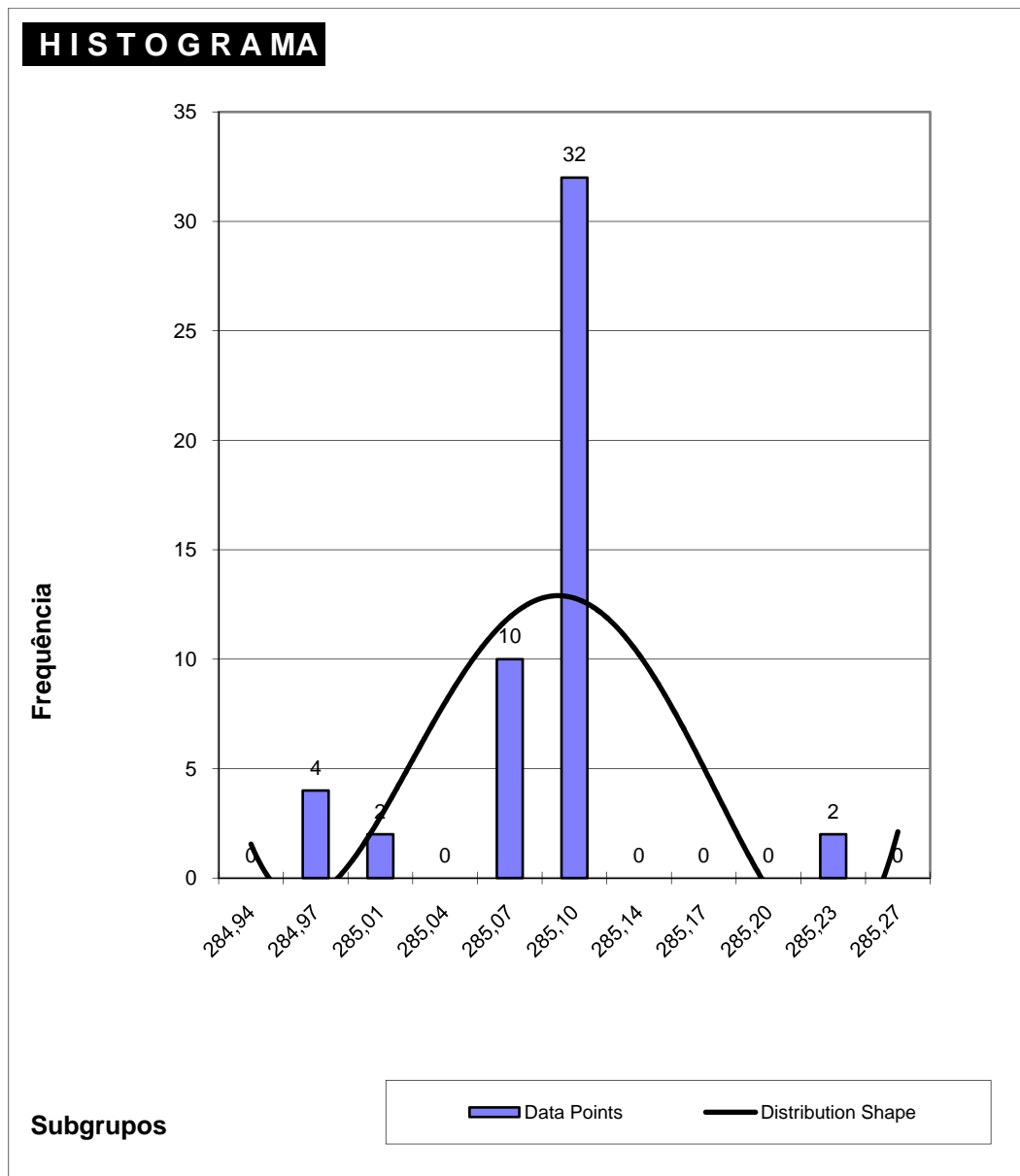


GRÁFICO 1 – Histograma de Análise dos Dados do Processo.

Fonte: Autor.

DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA	VALORES
Number of readings	50
Lower spec limit (LSL)	285,0000
Nominal	285,0000
Upper spec limit (USL)	285,2000
Total sum	14.253,8900
Average readings (\bar{X})	285,0778
Maximum	285,2000
Minimum	284,9400
Readings below LSL	4
Readings above USL	0
Average Range (R)	0,0484
D ₂ Value (n=4)	2,0590
Upper capability index (CPU)	1,7328
Lower capability index (CPL)	1,1032
Capability index (C _p)	1,4180
Process Capability (C _{pk})	1,1032
Capability ratio (CR)	2,9897
Std Deviation (n-1)	0,0522
Std Deviation (n)	0,0517
Variance (n-1)	0,0027
Variance (n)	0,0027
Performance index (P _p)	0,6387
Performance ratio (PR)	1,5657
Performance index (P_{pk})	0,4969

TABELA 1 – Dados de Análise Estatística do Processo.

Fonte: Autor.

Analisando as cartas de controle Carta \bar{X} da Média (GRAF. 2) e Carta R da Amplitude (GRAF. 3), notou-se uma estabilidade do processo, onde este não apresenta uma variação uniforme e definida.

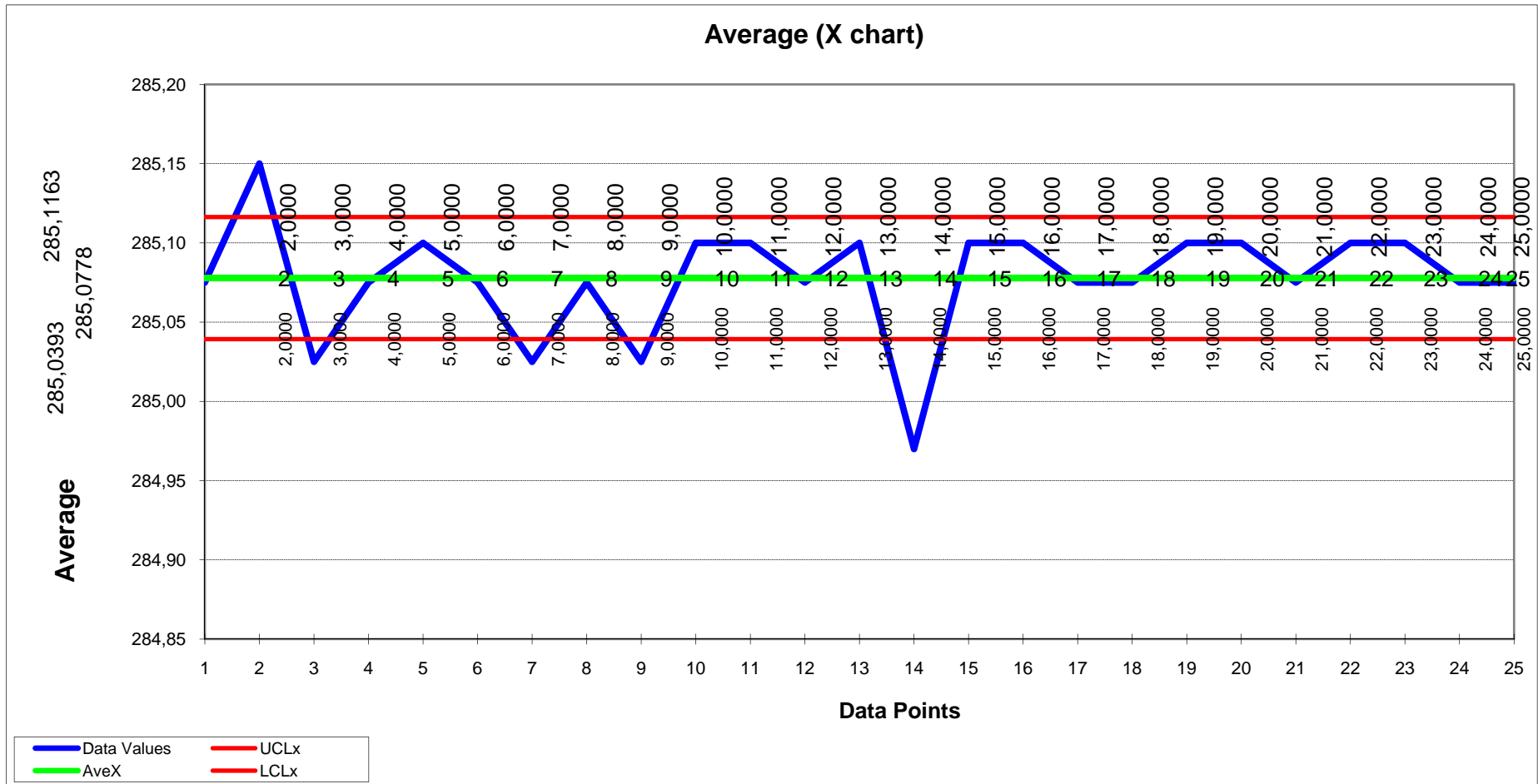


GRÁFICO 2 – Carta de Controle Média antes das ações.

Fonte: Autor.

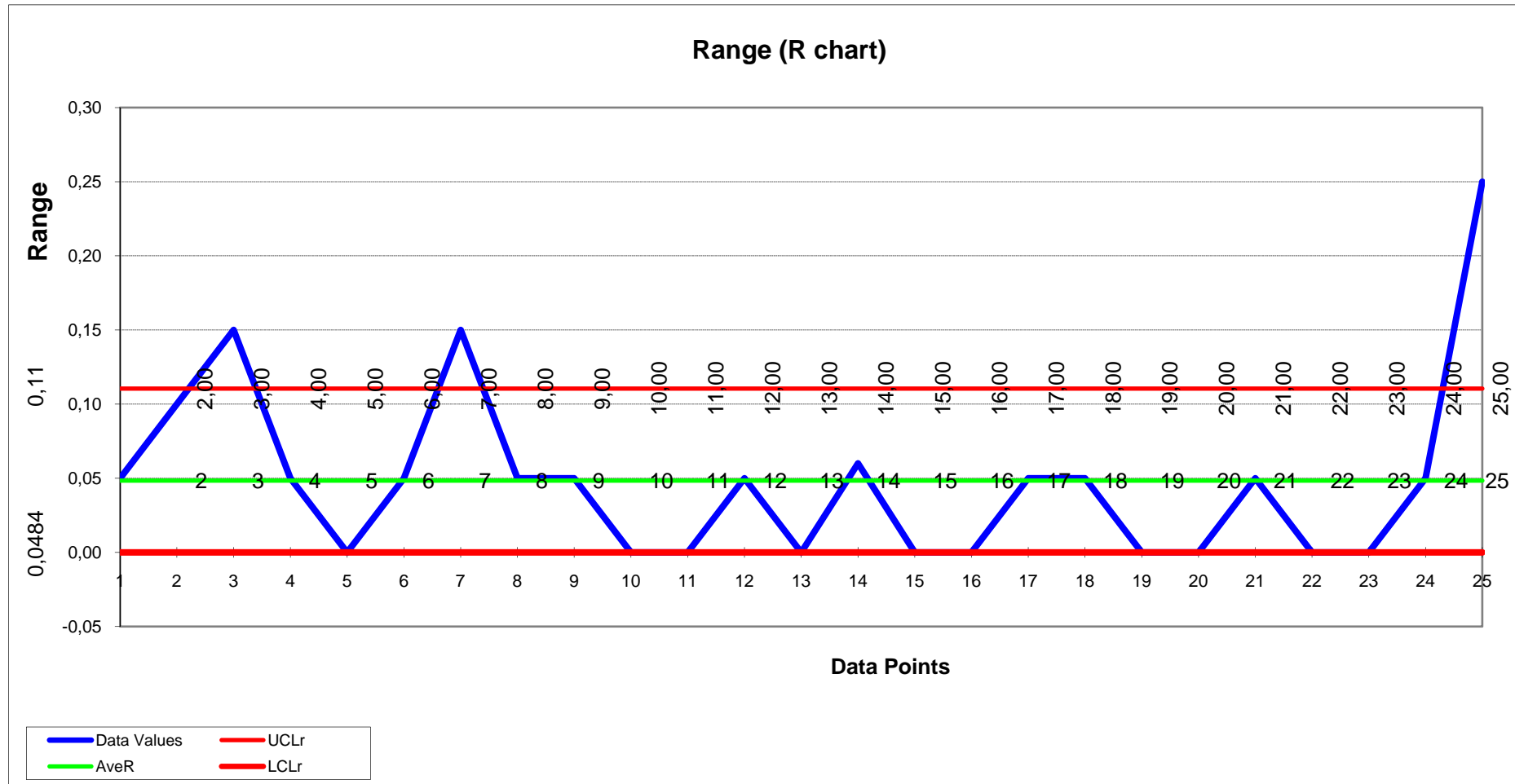
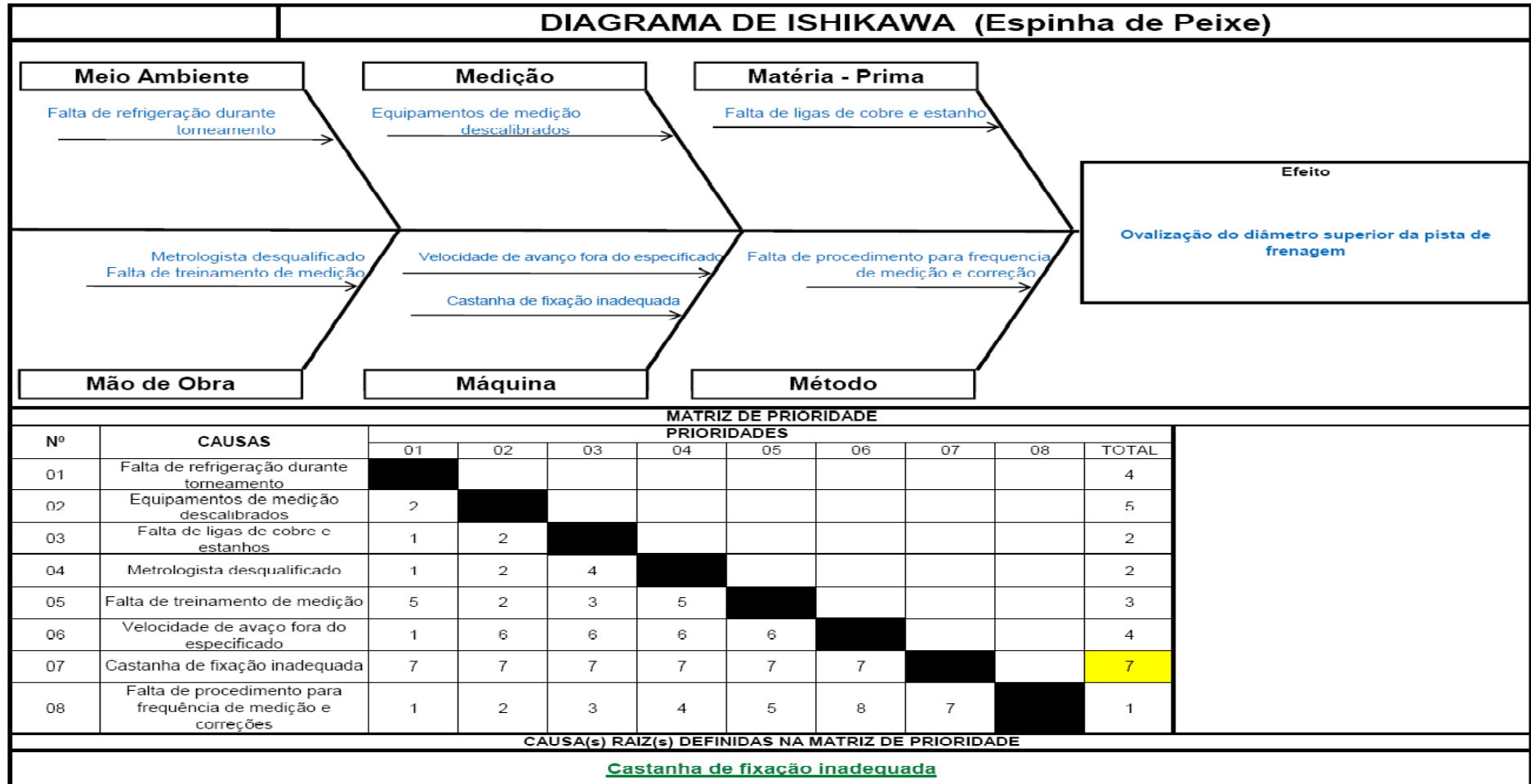


GRÁFICO 3 – Carta de Controle Amplitude antes das ações.

Fonte: Autor.

Após a aplicação da ferramenta, foi evidenciada através de estudos realizados uma anomalia no diâmetro interno superior do tambor de freio, onde era estabelecido como um ponto crítico para o processo produtivo e aplicação externa do produto, podendo causar vibrações no veículo, causando desconforto ao motorista, e também o risco de quebra do equipamento, o que colocará a integridade do motorista e demais usuários das vias rodoviárias em risco. Portanto através das coletas de dados e resultados obtidos nas ferramentas de análise de causa, estabeleceu-se a causa do problema, que é a falta de uma maior área de atrito na fixação do tambor de freio no torno, não inibindo a dilatação do mesmo, que é a causa da variação da dimensão do diâmetro da pista de frenagem do tambor. Através desta análise desenvolveu um novo sistema de fixação do tambor de freio no torno, onde se aumenta a área de atrito entre a castanha de fixação e o tambor de freio, reduzindo sua dilatação e contração causada pelo processo de usinagem.

Na realização do estudo de análise de causa, utilizou-se o diagrama de Ishikawa QUADRO 2, para análise do problema, o mesmo sendo debatido por uma equipe multifuncional, a qual é formada por colaboradores e técnicos ligados diretamente ao processo produtivo, facilitando assim o almejo das melhorias com ações direcionadas na causa raiz do problema. A definição de possíveis causas encontradas através da ferramenta do Diagrama de Ishikawa e foram lançadas em uma Matriz de Prioridade, buscando o confronto das possíveis causas conforme a sistemática de funcionamento da ferramenta para estabelecer a causa raiz do problema a ser tratada.



QUADRO 2 – Diagrama de Ishikawa.

Fonte: Arquivo Pessoal.

5.3 Aplicação da melhoria

Com a obtenção da causa raiz, a equipe trabalhou em cima da solução problema, aonde chegou-se a conclusão de que a área de apoio da fixação do Tambor de Freio no torno, era insuficiente para conter sua variação e estabeleceu um novo sistema para fixação do mesmo, com maior área de contato entre a castanha de fixação e o tambor de freio (FIG. 6) (FIG 7).

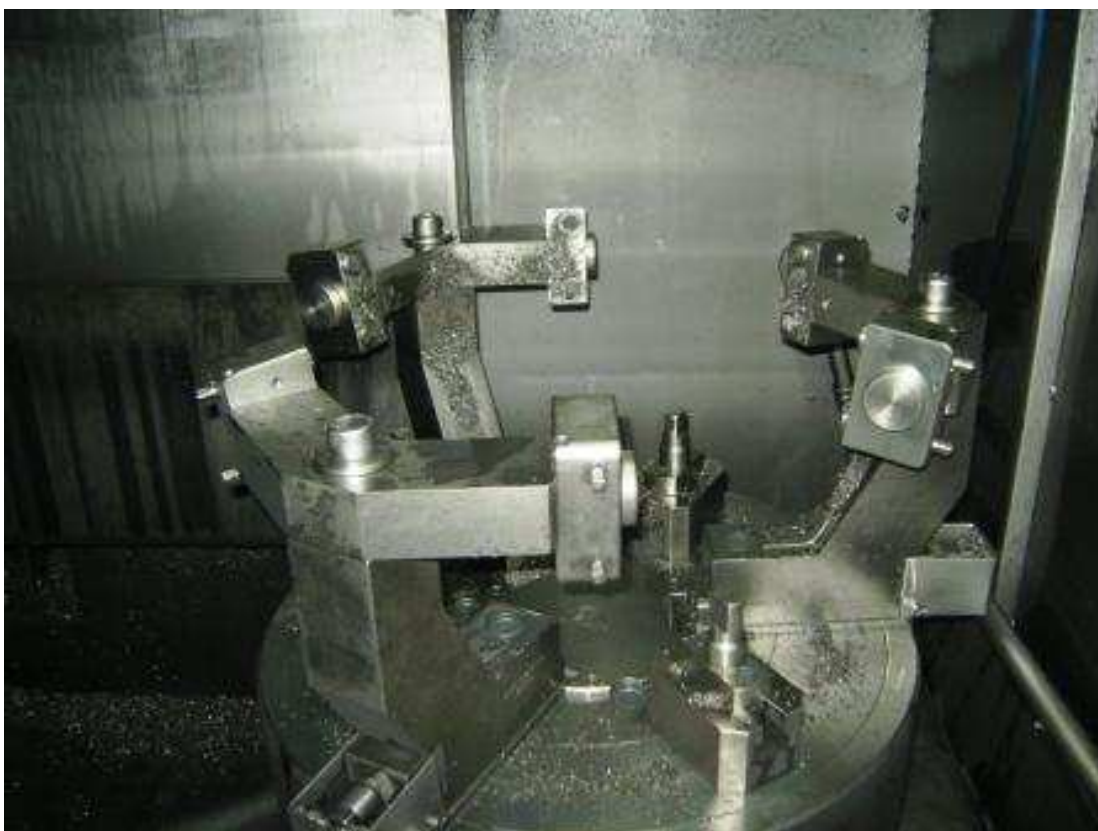


FIGURA 6 – Nova castanha de fixação do Tambor de Freio.

Fonte: Autor.



FIGURA 7 – Ilustração da aplicação da fixação do tambor na castanha.

Fonte: Autor.

5.4 Resultados

Aplicou-se novamente a ferramenta de CEP para verificar a eficácia das ações tomadas. Realizou-se a coleta de dados conforme TAB 2. E as Carta \bar{X} da Média (GRAF. 4) e Carta R da Amplitude (GRAF. 5), notou-se uma grande melhoria na estabilidade do processo, pois as medidas ficaram dispostas uniforme entre os limites máximos e mínimos estabelecidos.

DADOS DE PROCESSO		
n	G1	G2
1	285,10	285,05
2	285,05	285,10
3	285,10	285,10
4	285,05	285,10
5	285,10	285,10
6	285,10	285,05
7	285,10	285,10
8	285,05	285,10
9	285,05	285,10
10	285,10	285,10
11	285,10	285,10
12	285,10	285,05
13	285,10	285,10
14	285,10	285,10
15	285,10	285,10
16	285,10	285,10
17	285,10	285,10
18	285,10	285,05
19	285,10	285,10
20	285,10	285,10
21	285,05	285,10
22	285,10	285,10
23	285,10	285,10
24	285,10	285,05
25	285,10	285,05

QUADRO 3 – Dados de processo após modificações.

FONTE – Autor

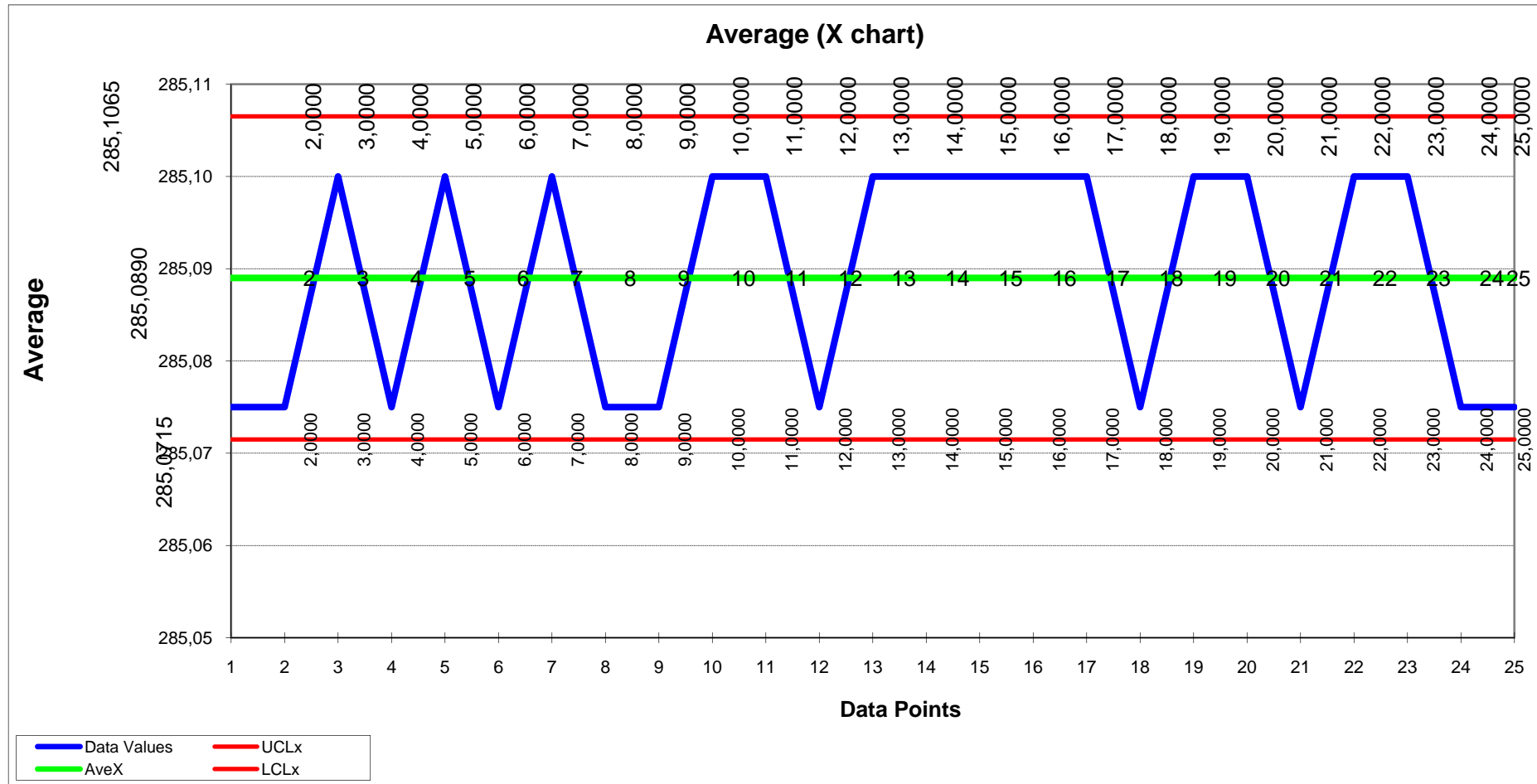


GRÁFICO 4 – Carta de Controle Média após ações tomadas.

Fonte: Autor.

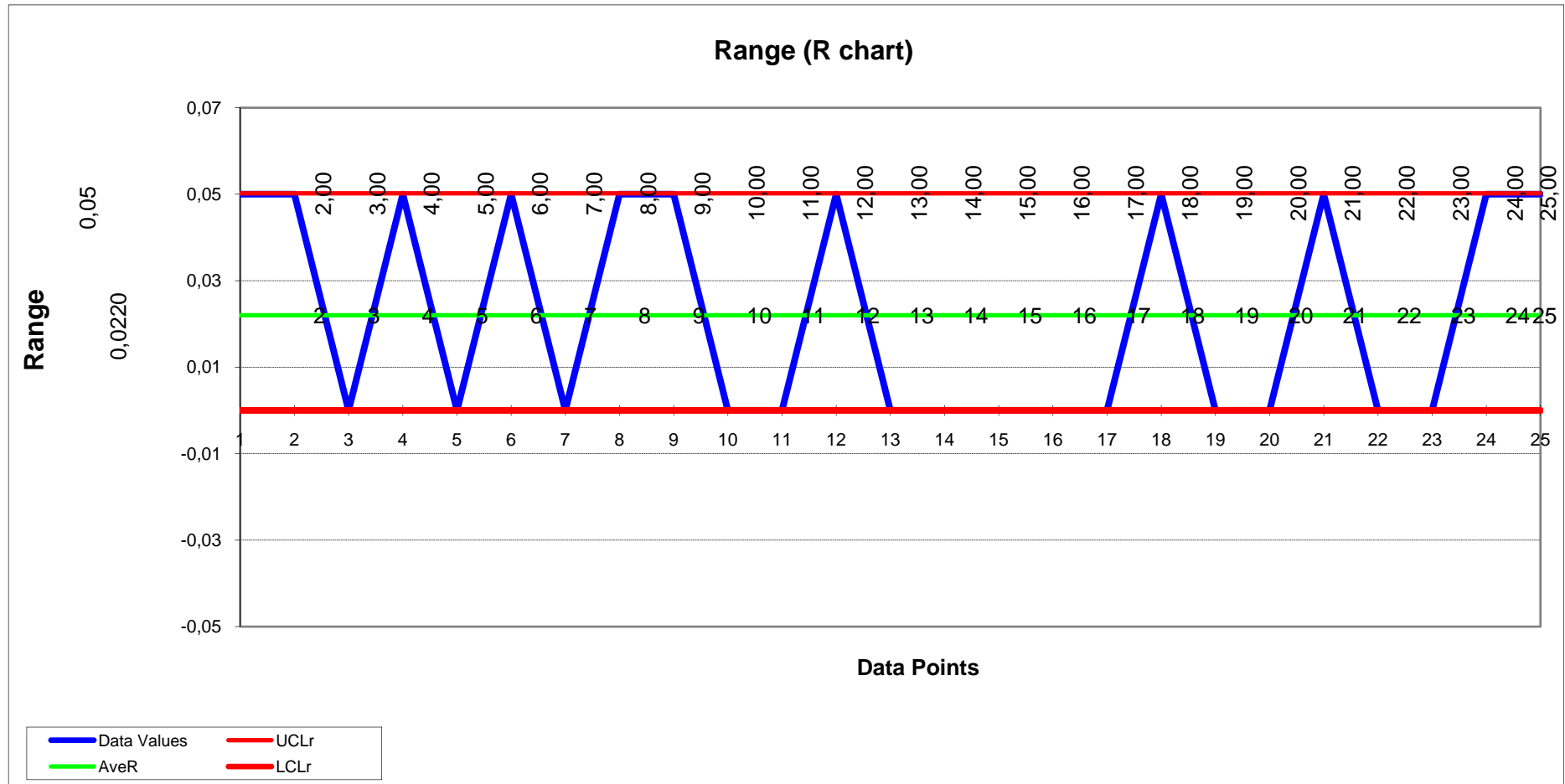


GRÁFICO 5 – Carta de Controle Amplitude após ações tomadas.

Fonte: Autor.

Com a implementação da melhoria alcançou-se índices estatísticos dentro dos limites satisfatórios conforme TAB 2. Alcançou-se os níveis de 1,33 em Cp, Cpk e Pp, Ppk. Constatando a capacidade produtiva e performance do processo.

DESCRIÇÕES ESTATÍSTICAS	VALORES
Number of readings	50
Lower spec limit (LSL)	285,0000
Nominal	285,0000
Upper spec limit (USL)	285,2000
Total sum	14.254,4500
Average readings (\bar{X})	285,0890
Maximum	285,1000
Minimum	285,0500
Readings below LSL	0
Readings above USL	0
Average Range (R)	0,0220
D ₂ Value (n=4)	2,0590
Upper capability index (CPU)	3,4629
Lower capability index (CPL)	2,7765
Capability index (C _p)	3,1197
Process Capability (C _{pk})	2,7765
Capability ratio (CR)	1,3589
Std Deviation (n-1)	0,0209
Std Deviation (n)	0,0207
Variance (n-1)	0,0004
Variance (n)	0,0004
Performance index (P _p)	1,5932
Performance ratio (PR)	0,6277
Performance index (P_{pk})	1,4179

TABELA 2 – Dada de Análise Estatística do Processo.

Fonte: Autor.

Aumentou-se a produtividade e o atendimento dos prazos de entrega ao cliente, conseqüentemente a sua satisfação.

Com a estabilidade do processo aumenta-se a confiabilidade do produto, ganhando em desempenho e processo. Com aumento significativo do percentual de aproveitamento de peças produzidas, aumentou-se a produção peça por hora (GRAF. 5), em cada célula de produção.

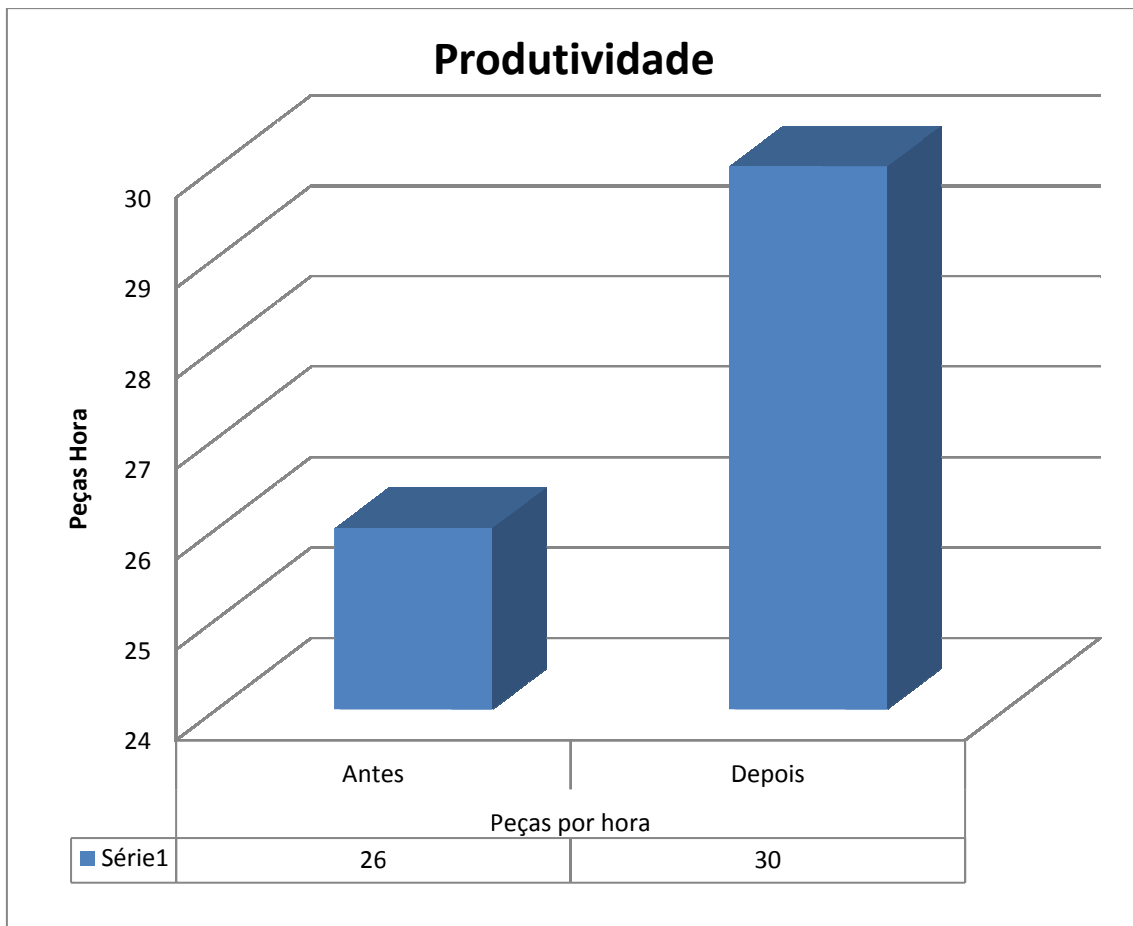


GRAFICO 6 – Índice de peça por hora.

FONTE: Autor.

6 Conclusão

O sucesso de uma empresa baseia-se na no progresso e qualidade de seus produtos e processos, que com sistema de melhoria contínua e redução de custos de processo, irá garantir para os clientes e consumidores produtos com alto padrão de qualidade e baixos preços.

Com este trabalho conclui-se que uma análise bem estruturada através de ferramentas da Qualidade bem trabalhadas e aplicadas, e com pessoas qualificadas, o almejo de melhorias para o processo é promissor, e com isso aumenta-se a qualidade dos produtos e dos processos, e tendo por base um sistema de controle de processo através das cartas de CEP implementada no dia-a-dia do processo produtivo, irá auxiliar na solução imediata dos problemas do cotidiano, e aumentará a garantia da qualidade do produto. Pois o sistema com índices de 1,33 de capacidade e performance, garantirá produtos dentro dos requisitos estabelecidos pelos clientes e baixos custos em seu processo de fabricação. Com isso, reduzem-se os tempos de set-up e paradas para correção de programação de máquinas, disponibilizando mais tempo aos funcionários para análise de processo a aperfeiçoamento da qualidade do produto e processo. Por outro lado é importante ressaltar que com a redução de perdas de processo, irá acarretar em melhorias da organização de setores e o aspecto visual da empresa, uma vez que se reduzirá o índice de peças não conformes eliminando áreas de reclusão das mesmas.

Como sugestão de melhoria, devido ao sucesso da aplicação do sistema, foi proposto a extensão das ações para processos similares de imediato, e um planejamento estratégico para implementação do sistema para as demais linhas de produção, treinando os colaboradores ligados diretamente ao processo produtivo e a implementação de gráficos de dispersão, para retratar o desempenho do processo em tempo real. Buscando assim a melhoria contínua do processo produtivo e satisfação do cliente final e consumidores. Além disso, a empresa aumentará a credibilidade no mercado, conseqüentemente terá maior capacidade de concorrer diretamente e com igualdade no mercado consumidor.

7 Referências

- CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total** (no estilo japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.
- CARBURON, J.; MORALES, D. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo em uma Indústria do setor metal-mecânico: um estudo de caso.** In: **SIMPEP**, 13, 2006, Bauru, São Paulo, 2006.
- COSTA, A. F. B.; EPPRECHIT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade: Métodos Estatísticos.** São Paulo: Atlas, 2005.
- DAL’CORTIVO, Z. **Aplicação do controle estatístico de processo em seqüências curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento econômico.** 2005. 166p. Dissertação (Mestrado Métodos numéricos em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná (UFP)
- DRUMOUND, J. **Aplicação do Planejamento de Experimentos na Indústria Siderúrgica.** Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Estado de Santa Catarina.
- GALUCH, L. **Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo – CEP em pequenas empresas manufatureiras.** Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC.
- INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Manual de Referência.** Controle Estatístico do Processo (CEP). São Paulo, 2005.
- INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Manual de Referência.** Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle (APQP). São Paulo, 2008.
- ISHIKAWA, K. **TQC, Total quality control: estratégia e administração da qualidade** – tradução Mário Mishimura. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1986.
- JURAN, J. M. **A Qualidade desde o projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços.** São Paulo: Editora Guazzelli Ltda., 1992.
- LÜDORF, S. M. A. **Metodologia da Pesquisa do Projeto à Monografia: o passo a passo da construção do conhecimento.** Rio de Janeiro: Shape, 2004.
- MARCONI, M. de. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2010.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004.

OLIVEIRA, O. J. et al. **Gestão da Qualidade: Tópicos avançados**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico da Qualidade: Métodos Estatísticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.