

**Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática**

**Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma
empresa de usinagem de peças para o setor automobilístico**

Diogo Bersanin

TG-EP-19-05

Maringá - Paraná

Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática

**Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma
empresa de usinagem de peças para o setor automobilístico**

Diogo Bersanin

TG-EP-19-05

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de
Engenharia de Produção - Ênfase em Software, do Centro
de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: *Prof. Daily Morales*

Maringá – Paraná

2005

Diogo Bersanin

**Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma empresa de
usinagem de peças para o setor automobilístico**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso
de Engenharia de Produção - Ênfase em
Software, do Centro de Tecnologia, da
Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: *Prof. Daily Morales*

MARINGÁ

2005

Diogo Bersanin

**Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma empresa de
usinagem de peças para o setor automobilístico**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção - Ênfase em Software, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá, aprovada pela Comissão formada pelos professores:

Prof.^a Daily Morales (Orientador), UEM.

Prof. Márcia Marcondes Altimari Samed,
Colegiado de Informática, UEM.

Prof. Maria de Lourdes Santiago Luz,
Colegiado de Informática, UEM.

Maringá, 14 de dezembro de 2005.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao Sr. Edivaldo Bersanin, meu pai, que acreditou em meu potencial e me deu a oportunidade de chegar a esta etapa de minha vida. Apesar das dificuldades, hoje só tenho a te agradecer, obrigado.

EPÍGRAFE

*O que for teu desejo, assim será tua vontade.
O que for tua vontade, assim serão teus atos.
O que forem teus atos, assim será teu destino.*
(Deepak Chopra)

*No mundo dos negócios
todos são pagos em duas moedas:
dinheiro e experiência.
Agarre a experiência primeiro,
o dinheiro virá depois.*
(Harold Genee)

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada agradeço a Deus, que me ajudou e me deu forças nesta caminhada.

Agradeço também a minha família que foi muito importante em todos os momentos me proporcionando condições e me apoiando em cada passo de minha vida. Obrigado Mãe, Pai, Josie, minha irmãzinha predileta, meu cunhado Reginho e dona Olga minha avó. Ao restante da família também agradeço, todos sabem que tiveram sua contribuição.

Agradeço a cada um de meus amigos da sala Thiago, Césão, Jefferson, Taba, Guga, Carlão Alceu GG, Carolzinha e Marcão Surfista, todos juntos, sempre, uma família todas as horas.

Aos outros amigos da faculdade, também muito importantes Milena, Lili, Bruna e Pri, Gui Magoga, Mateus, Migué, Ana, Wiltinho, Hamilton (Tchu) e muitos outros que não caberiam nesta página. Todos vocês vão estar sempre no meu coração.

Aos amigos de outros cursos, companheiros de toda hora, Guilherme (Boizinho), Serginho, os meninos da K-zona e muitos outros também. A galera mais antiga e que eu nunca vou esquecer, Franguinho, Décio, Lucas, Tsu, Gustavo, Bertaco, Timóteo, Neto, Vital, etc, etc, etc... Meus amigos para sempre, e ainda a todas aquelas que estiveram ao meu lado durante os 5 anos de faculdade.

Agradecimento especial aos meus companheiros de república, Maca, Gui, Tchu, Boizinho, Marcelinho e Daniel (Dengão) que muito me ajudaram em todos os momentos que precisei, vocês são meus maiores parceiros.

Não poderia deixar de agradecer as empresas onde fiz meus estágios, muito obrigado pela oportunidade, este aprendizado não tem preço e cada amigo que fiz dentro delas serão para sempre lembrados.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 EXEMPLO DE MÉDIA DESLOCADA.....	18
FIGURA 2.2 EXEMPLO DE TENDÊNCIAS.....	18
FIGURA 2.3 EXEMPLO DE PONTOS NA REGIÃO CRÍTICA DO GRÁFICO.....	19
FIGURA 2.4 EXEMPLO DE PONTOS FORA DOS LIMITES DE CONTROLE.....	19
FIGURA 3.1 EXEMPLO DE ESTRATIFICAÇÃO.....	24
FIGURA 3.2 EXEMPLO DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	26
FIGURA 3.3 EXEMPLO DE DIAGRAMA DE PARETO.....	28
FIGURA 3.4 EXEMPLO DE HISTOGRAMA.....	29
FIGURA 3.5 EXEMPLO DE CARTA DE CONTROLE.....	31
FIGURA 4.1 CARCAÇA DO DIFERENCIAL.....	38
FIGURA 4.2 HISTOGRAMA PARA O Ø106P7.....	46
FIGURA 4.3 CARTA DAS MÉDIAS PARA O Ø106P7.....	47
FIGURA 4.4 CARTA DAS AMPLITUDES PARA O Ø106P7.....	47
FIGURA 4.5 HISTOGRAMA PARA O Ø20H7 (1).....	48
FIGURA 4.6 CARTA DAS MÉDIAS PARA O Ø20H7 (1).....	48
FIGURA 4.7 CARTA DAS AMPLITUDES PARA O Ø20H7 (1).....	48
FIGURA 4.8 HISTOGRAMA PARA O Ø20H7 (2).....	49
FIGURA 4.9 CARTA DAS MÉDIAS PARA O Ø20H7 (2).....	49
FIGURA 4.10 CARTA DAS AMPLITUDES PARA O Ø20H7 (2).....	49
FIGURA 4.11 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	50
FIGURA 4.12 DIAGRAMA DE PARETO.....	51
FIGURA 4.13 HISTOGRAMA Ø106P7.....	56
FIGURA 4.14 CARTA DAS MÉDIAS Ø106P7.....	56
FIGURA 4.15 CARTA DAS AMPLITUDES Ø106P7.....	56
FIGURA 4.16 HISTOGRAMA Ø20H7 (1).....	57
FIGURA 4.17 CARTA DAS MÉDIAS Ø20H7 (1).....	57
FIGURA 4.18 CARTA DAS AMPLITUDES Ø20H7 (1).....	57
FIGURA 4.19 HISTOGRAMA Ø20H7 (2).....	58
FIGURA 4.20 CARTA DAS MÉDIAS Ø20H7 (2).....	58
FIGURA 4.21 CARTA DAS AMPLITUDES Ø20H7 (2).....	58
FIGURA 4.22 CARTA COMPARATIVA DAS MÉDIAS DA PRIMEIRA E SEGUNDA AMOSTRAS PARA O Ø106P7.....	61
FIGURA 4.23 CARTA COMPARATIVA DAS AMPLITUDES DA PRIMEIRA E SEGUNDA AMOSTRAS PARA O Ø106P7.....	61
FIGURA 4.24 CARTA COMPARATIVA DAS MÉDIAS DA PRIMEIRA E SEGUNDA AMOSTRAS PARA O Ø20H7 (1).....	61
FIGURA 4.25 CARTA COMPARATIVA DAS AMPLITUDES A PRIMEIRA E SEGUNDA AMOSTRAS PARA O Ø20H7(1).....	62
FIGURA 4.26 CARTA COMPARATIVA DAS MÉDIAS DA PRIMEIRA E SEGUNDA AMOSTRAS PARA O Ø20H7 (2).....	62
FIGURA 4.27 CARTA COMPARATIVA DAS AMPLITUDES DA PRIMEIRA E SEGUNDA AMOSTRAS PARA O Ø20H7(2).....	63
FIGURA 4.28 INDICATIVO DA QUANTIDADE DE PEÇAS DEFEITUOSAS POR MILHÃO.....	64
FIGURA 4.29 INDICATIVO DO VOLUME DE PRODUÇÃO MENSAL.....	64
FIGURA 4.30 INDICATIVO DOS CUSTOS COM A NÃO QUALIDADE.....	65
FIGURA 4.31 INDICATIVO DA QUANTIDADE DE PEÇAS SELECIONADAS.....	65
FIGURA 4.32 INDICATIVO DA QUANTIDADE DE PEÇAS REFUGADAS.....	66
FIGURA 4.33 INDICATIVO DA QUANTIDADE DE PEÇAS RETRABALHADAS.....	66

LISTA DE TABELAS E QUADROS

QUADRO 4.1 RESULTADOS DO ESTUDO DE MSA	43
QUADRO 4.2 - Ø 106P7 VALORES COLETADOS.....	44
QUADRO 4.3 - Ø 20H7 (1) VALORES COLETADOS.....	44
QUADRO 4.4 - Ø 20H7 (2) VALORES COLETADOS.....	45
QUADRO 4.5 - Ø 106P7 VALORES COLETADOS.....	53
QUADRO 4.6 - Ø20H7 (1) VALORES COLETADOS.....	54
QUADRO 4.7 - Ø20H7 (2) VALORES COLETADOS.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CEP – Controle Estatístico do Processo
- TQM – Gerenciamento Total da Qualidade
- EUA – Estados Unidos da América
- JUSE – Sindicato Japonês de Ciência e Engenharia
- TQC – Controle Total da Qualidade
- ISO – Organização Internacional de Padronização
- IATF – International Automotive Task Force
- QS-9000 – Interpretação da ISO 9000 para o setor automotivo utilizada nos EUA.
- VDA – Interpretação da ISO 9000 para o setor automotivo utilizada na Alemanha.
- EAQF - Interpretação da ISO 9000 para o setor automotivo utilizada na França.
- AVSQ - Interpretação da ISO 9000 para o setor automotivo utilizada na Itália.
- AIAG - Automotive Industry Action Group
- VDA/QMC - Associação das Montadoras e Autopeças Alemãs
- ANFIA – Associação Italiana das Indústrias Automotivas
- FIEV – Federação Francesa das Indústrias de Equipamentos para veículos.
- SMMT – Sociedade dos Fabricantes e Comerciantes de automóveis do Reino Unido
- JAMA – Associação dos Fabricantes de Automóveis Japoneses
- LSE – Limite Superior de Engenharia ou de Especificação
- LIE – Limite Inferior de Engenharia ou de Especificação
- LSC – Limite Superior de Controle
- LIC – Limite Inferior de Controle
- Cp – Capacidade do Processo
- Cpk – Capacidade Real do Processo ou Capabilidade do Processo
- FMEA – Análise do Modo e Efeito de Falhas
- MSA – Análise do Sistema de Medição
- R&R – Repetitividade e Reprodutibilidade
- 5H2H – What (o que); Who (quem); Where (onde) When (quando) e Why (por que)
- PDCA – Plan (planeje), Do (faça), Check (verifique), Act (haja corretivamente).

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	V
EPÍGRAFE.....	VI
AGRADECIMENTOS.....	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS E QUADROS	IX
LISTA DE TABELAS E QUADROS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
SUMÁRIO	XI
RESUMO	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. APRESENTAÇÃO.....	1
1.2. TEMA DO TRABALHO	1
1.3. ORIGEM DO TRABALHO.....	2
1.4. OBJETIVOS GERAIS.....	2
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.6. LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	2
1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1. A ORIGEM DA QUALIDADE E SUAS DEFINIÇÕES.....	4
2.2. ORIGEM DA ISO	10
2.3. ISO/TS 16949	12
2.4. CONCEITO DE PROCESSO	14
2.5. CONCEITO DE CONTROLE DO PROCESSO	14
2.6. CONCEITO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO	15
2.7. CONCEITO ESTATÍSTICO DE VARIAÇÃO.....	15
2.8. OS LIMITES DE CONTROLE.....	17
2.9. CAPACIDADE DO PROCESSO.....	20
2.10. VALORES TÍPICOS DE Cp e Cpk.....	21
2.11. RELAÇÃO COM O PERCENTUAL DE DEFEITOS PRODUZIDOS.....	22
2.12. APLICAÇÕES DOS RESULTADOS NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PROCESSO	22
3. FERRAMENTAS UTILIZADAS	23
3.1. ESTRATIFICAÇÃO.....	23
3.2. COLETA DE DADOS	24
3.3. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.....	25
3.4. DIAGRAMA DE PARETO.....	27
3.5. HISTOGRAMA.....	28
3.6. CARTAS DE CONTROLE.....	29
3.7. DIAGRAMA DE DISPERSÃO.....	32
3.8. OUTRAS FERRAMENTAS:	33
3.8.1. FMEA	33
3.8.2. MSA.....	33
3.8.3. 5W2H.....	34
3.8.4. Ciclo PDCA.....	34
4. ESTUDO DE CASO	36
4.1. DIVULGAÇÃO DA IDÉIA E TREINAMENTO PARA TODA A ORGANIZAÇÃO.....	36

4.2.	DEFINIÇÃO E APRESENTAÇÃO DA PEÇA A SER ESTUDADA	37
4.3.	DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	38
4.4.	DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS A SEREM CONTROLADAS:	38
4.5.	DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO.....	39
4.6.	COLETA DE DADOS – 1 ^A AMOSTRA.....	43
4.7.	IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS COMUNS E CAUSAS ESPECIAIS ATRAVÉS DE UM <i>BRAINSTORMING</i>	50
4.8.	ELABORAÇÃO DO DIAGRAMA DE PARETO.....	51
4.9.	ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO.....	51
4.10.	COLETA DE DADOS – SEGUNDA AMOSTRA	52
4.11.	CÁLCULO DA CAPABILIDADE DO PROCESSO	59
4.12.	COMPARATIVO DO DESEMPENHO.....	60
4.13.	INDICATIVOS DE DESEMPENHO.....	63
5.	CONCLUSÃO	67
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	Anexo A – Diagrama de Fluxo do process.....	71
	Anexo B – Estudo de FMEA.....	73
	Anexo C - Modelo Proposto de Carta de Controle	77
	Anexo D - Modelo Proposto de Diário de Bordo.....	79

RESUMO

As grandes empresas do ramo automobilístico estão exigindo cada vez mais qualidade e exatidão nas peças que utilizam em seus processos de montagem. São comuns casos de empresas que exigem de seus fornecedores o controle estatístico de processos para determinadas características consideradas críticas. Com isso o desenvolvimento e aplicação destes métodos se tornaram imprescindíveis para a sobrevivência das empresas fornecedoras deste setor.

Neste trabalho buscou-se abordar os aspectos de uma implantação do controle estatístico de processos utilizando-se para isto, diversas ferramentas, dentre elas, as chamadas ferramentas estatísticas básicas como gráfico de Pareto, diagrama de Ishikawa, histograma e cartas de controle, dentre outras. Para isto, foi estudado o estado em que o processo se encontrava, identificadas as causas que atuavam sobre ele e propostas melhorias através de planos de ação com o objetivo de reduzir a variabilidade do processo e atingir a Capabilidade com $Cpk = 1,33$. Implantadas as melhorias, foram realizados novos estudos, nos quais foi possível evidenciar a melhoria na qualidade do processo, bem como, mostrar os benefícios que tais mudanças trouxeram para a organização em termos de qualidade e lucratividade.

Palavras-chave: Controle estatístico de processos, Capabilidade, Qualidade.

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo introduz o trabalho, apresentando o tema, a origem, os objetivos e a estrutura do trabalho utilizada no desenvolvimento da monografia.

1.1. Apresentação

O ramo de peças automobilísticas exige das indústrias de usinagem muita exatidão nas medidas, ou seja, a tolerância é muito baixa. Com isso o acompanhamento do processo e correção das máquinas é muito importante e freqüente no processo de produção.

Empresas de grande porte que utilizam estas peças nos seus processos de montagem exigem cada vez mais qualidade de seus fornecedores, chegando a tratar o controle estatístico como uma exigência no controle de determinadas características críticas.

A grande dificuldade na implementação destes itens de controle é a correta coleta dos dados realmente significativa para o processo além da conscientização dos operadores da importância destes métodos.

Neste trabalho é apresentada uma metodologia de implantação do controle estatístico, embasado em ferramentas estatísticas básicas, identificando as possíveis causas de falhas, propondo melhorias e aplicando o método para a verificação da obtenção da estabilidade e capacidade do processo.

O intuito do trabalho é propor o método de implantação e apresentar os resultados da aplicação para a empresa através de gráficos que mostram a redução nos gastos com a não qualidade e o conseqüente aumento da lucratividade da empresa, sem com isso diminuir significativamente o volume de produção.

1.2. Tema do Trabalho

O trabalho terá como tema a implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de usinagem de peças para o setor automobilístico.

1.3. Origem do Trabalho

O trabalho teve sua origem na necessidade real da implantação do controle estatístico de processos na empresa, que veio de encontro com o interesse em se aprofundar no tema e mostrar as ferramentas e métodos necessários para uma correta implantação.

1.4. Objetivos Gerais

Este trabalho espera difundir os conhecimentos básicos em estatística por toda a organização, esclarecer a importância do Controle do Processo e definir as características relevantes no processo para controlar estatisticamente as mesmas.

Analisar as possíveis causas da não implantação do controle estatístico do processo em tentativas anteriores, e propor uma metodologia detalhada, sob a forma de diretrizes, para a implantação.

O que se espera com este estudo é implantar de maneira satisfatória o Controle Estatístico do Processo na empresa e deixá-la em conformidade com os requisitos dos clientes, aumentando assim sua confiabilidade e conseqüentemente gerando uma vantagem competitiva.

1.5. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são garantir a estabilidade e a capacidade do processo com C_{pk} de no mínimo 1,33.

1.6. Limitações do Trabalho

O estudo se limitará em controlar estatisticamente um processo, iniciando com a identificação dos parâmetros e pontos críticos, em seguida coletando dados e definindo as causas comuns e especiais de não conformidades que atuam sobre o processo, para depois eliminar ou controlar estas causas, garantindo a estabilidade e capacidade do processo.

1.7. Estrutura do Trabalho

A monografia é composta pelos seguintes capítulos:

Capítulo 1 – Introdução

Este capítulo introduz o trabalho, apresentando o tema, a origem, os objetivos gerais e específicos, as limitações e a estrutura do trabalho para o desenvolvimento da monografia.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica com respeito aos conceitos abrangidos pela área da qualidade e os assuntos referentes ao controle estatístico de processos.

Capítulo 3 – Ferramentas Utilizadas

São apresentadas as ferramentas estudadas para o desenvolvimento do trabalho, relatando suas características e especificidades.

Capítulo 4 – Estudo de Caso

Neste capítulo são apresentados os métodos utilizados durante a implantação do controle estatístico, evidenciando cada etapa em seqüência e apresentando os resultados de cada uma delas.

Capítulo 5 – Considerações Finais

Este capítulo apresenta os resultados da implantação, os benefícios do uso dessas ferramentas, as dificuldades encontradas e a importância do tema para os Engenheiros de Produção.

Capítulo 6 – Referencias Bibliográficas

Neste capítulo são relacionadas às referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A origem da qualidade e suas definições

Qualidade é um conceito que todo ser humano deseja quando da realização de suas tarefas. A qualidade ainda hoje pode ser dita como uma disciplina em formação. A Qualidade teve seu primeiro grau de inserção apenas como uma ferramenta voltada à inspeção (atividade rotineira dentro das organizações), e atualmente cada vez mais é vista ligada a atividades e funções da qualidade, consideradas fundamentais para o sucesso das organizações. Se no início estava estritamente vinculada a produção e operações, hoje engloba os diferentes setores das empresas.

Seu surgimento, na década de 20, junto aos departamentos de produção e operações segundo Garvin, (1992) foi uma decorrência do início da produção em série, tendo inicialmente a finalidade de impedir que produtos defeituosos chegassem as mãos dos consumidores.

O prof. David Garvin define a qualidade em cinco abordagens, conforme descrito a seguir.

1. Abordagem Transcendental: A qualidade é vista como um sinônimo de excelência inata, como o melhor possível em termos de especificação do produto.
2. Abordagem baseada em Manufatura: Preocupa-se na produção do produto ou serviço livre de erros de acordo com as especificações do projeto.
3. Abordagem baseada no Usuário: Assegura que o produto ou serviço está adequado a seu propósito, ou seja, não só de acordo com suas especificações mas também com as especificações do consumidor.
4. Abordagem baseada em Produto: Vê a qualidade como um conjunto mensurável e preciso de características, necessárias para satisfazer o consumidor.
5. Abordagem baseada em Valor: Define a qualidade em termos de custo e preço.

Já no início do século XX, com o surgimento do "Sistema Norte-Americano" de produção, fruto das pressões para que os custos de produção fossem reduzidos, consistindo na utilização de maquinário para produzir produtos que podiam ser trocadas uns pelos outros, seguindo uma seqüência pré-estabelecida de operações, e com emergência da racionalidade do trabalho,

culminada nos estudos de Frederick Taylor, o pai da administração Científica, fazem com que a inspeção formal passe a ser necessária e legítima.

Cerqueira, (1991), aponta que, com a publicação da obra "*The Control of Quality in Manufacturing*" por Rasdford, (1922), pela primeira vez a qualidade foi vista com responsabilidade gerencial distinta e como função independente, relacionando mais formalmente as atividades de inspeção com o controle de qualidade, através de técnicas de inspeção mais avançadas. A localização de falhas começava assim a ser uma estratégia para a solução de problemas.

Walter A. Shewhart trabalhou na Bell Telephones, foi ele que criou na década de 20 nos Estados Unidos, um sistema de medição da variância nos sistemas de produção conhecido como controle estatístico de processo: SPC - *Statistical Process Control*, CEP em português. É um sistema onde a qualidade do produto é obtida através da inspeção do processo produtivo, o objetivo principal era de evitar a chegada de um produto fora das especificações. Nas palavras de Shewhart "Qualidade se faz com base em fatos e dados".

A partir da década de 50 foi que realmente se passou a questionar o custo que a não qualidade imprimia as organizações, pois até então a idéia de que os defeitos tinham um custo era o único enfoque priorizado.

Armand Feigenbaum (1983) introduziu o conceito de que o Controle da Qualidade deveria ser de responsabilidade de toda a organização (Controle Total da Qualidade) e não apenas de um departamento específico. Em suas publicações reconhecia a qualidade como um trabalho de todos, nascendo desta forma, o "enfoque sistêmico para a qualidade". Feigenbaum partia do princípio que a qualidade deveria "começar pelo projeto do produto e só terminar quando tiver chegado às mãos do freguês que fica satisfeito". O autor tinha uma maior preocupação com a estrutura organizacional necessária para melhorar a Qualidade do que com a aplicação intensiva de Métodos Estatísticos. A abordagem do Controle Total da Qualidade levou ao Gerenciamento Total da Qualidade (*Total Quality Management – TQM*).

A engenharia da confiabilidade surge como decorrência da necessidade e do crescimento pós-guerra da indústria eletrônica e aeroespacial nos Estados Unidos da América (EUA), tendo como uma de suas principais referências a área militar.

Segundo Garvin (1992), em 1950, o Departamento de Defesa dos EUA criou um grupo de Confiabilidade de Equipamentos Eletrônicos e em 1957, através de relatórios publicados sobre este tema, foram estabelecidas inúmeras especificações militares que fixavam os requisitos de um programa formal de confiabilidade.

Crosby (1991) define qualidade como "conformidade com os requisitos" e é medida pelo custo da não-qualidade. Para ele qualidade é um estado binário: ou há conformidade (qualidade) ou há não-conformidade (não-qualidade). Usando esta abordagem, Crosby desenvolveu, em 1961, o conceito de "zero defeito", enfatizando que todas as pessoas da companhia são capazes de fazer o seu trabalho de maneira correta, na primeira e em todas as vezes.

A mobilização dos empregados em atingir o índice de zero defeito foi um sucesso absoluto passando, então a fazer parte dos programas de qualidade.

A ênfase na busca da qualidade dos produtos e serviços continuou em alta só que, agora, o envolvimento de todos os funcionários do projeto a pós-venda, passou a ser fundamental para atingir o almejado "Zero Defeito".

É através do JUSE (*Japanese Union of Science and Engineers* - Sindicato Japonês de Ciência e Engenharia), sociedade que reúne engenheiros e cientistas japoneses, criado no ano de 1947, com a finalidade de participar da reconstrução do Japão, que o Controle da Qualidade Total (TQC) passa a ser introduzido no Japão.

William Edwards Deming formulou uma das mais interessantes abordagens para o gerenciamento da Qualidade. Deming foi discípulo de Walter Shewhart, e após trabalhar no Departamentos de Guerra e de Censo dos Estados Unidos foi consultor de muitas empresas japonesas. Deming convenceu os altos dirigentes japoneses do poder dos métodos estatísticos e também da importância da qualidade para aumentar a competitividade de seus produtos. O resultado deste comprometimento da indústria japonesa com a Qualidade é sobejamente conhecido. Deming acreditava que a responsabilidade primária pela Qualidade reside na administração da organização: "a maioria das oportunidades para melhorar a Qualidade requerem decisivas ações administrativas" (DEMING, 1990). De acordo com essa fundamentação Deming enunciou seus famosos 14 pontos, onde são enfatizados a importância da mudança do foco administrativo para a melhoria da Qualidade, do papel da administração

na condução desta mudança, envolvendo-se de fato, e da importância de um enfoque sistêmico para a organização. Para definir o que deve ser mudado, e como deve ser mudado, usam-se Métodos Estatísticos, de forma intensiva, para coletar dados sobre o processo e observar a reação do sistema às mudanças.

Os 14 princípios constituem a base para a transformação da indústria norte-americana. A adoção destes 14 princípios, acompanhada da ação correspondente, é um indicativo de que a administração pretende manter a empresa em atividade, e visa a proteger os investidores e os empregos. Tal sistema fundamentou os ensinamentos ministrados a altos executivos no Japão em 1950 e em anos subsequentes. Os 14 princípios aplicam-se indistintamente a organizações pequenas e grandes, tanto na indústria de serviços quanto na de transformação. Aplicam-se igualmente a qualquer divisão de uma empresa.

1. Estabeleça constância de propósitos para a melhora do produto e do serviço, objetivando tornar-se competitivo e manter-se em atividade, bem como criar emprego.
2. Adote a nova filosofia. Estamos numa nova era econômica. A administração ocidental deve acordar para o desafio, conscientizar-se de suas responsabilidades e assumir a liderança no processo de transformação.
3. Deixe de depender da inspeção para atingir qualidade. Elimine a necessidade de inspeção em massa, introduzindo a qualidade no produto desde seu primeiro estágio.
4. Cesse a prática de aprovar orçamentos com base no preço. Ao invés disto, minimize o custo total. Desenvolva um único fornecedor para cada item, num relacionamento de longo prazo fundamentado na lealdade e na confiança.
5. Melhore constantemente o sistema de produção e de prestação de serviços, de modo a melhorar a qualidade e a produtividade e, conseqüentemente, reduzir de forma sistemática os custos.
6. Institua treinamento no local de trabalho.
7. Institua liderança. O objetivo da chefia deve ser o de ajudar as pessoas e as máquinas e dispositivos a executarem um trabalho melhor. A chefia administrativa está necessitando de uma revisão geral, tanto quanto a chefia dos trabalhadores de produção.
8. Elimine o medo, de tal forma que todos trabalhem de modo eficaz para a empresa.

9. Elimine as barreiras entre os departamentos. As pessoas engajadas em pesquisas, projetos, vendas e produção devem trabalhar em equipe, de modo a prevenir problemas de produção e de utilização do produto ou serviço.
10. Elimine lemas, exortações e metas para a mão-de-obra que exijam nível zero de falhas e estabeleçam novos níveis de produtividade. Tais exortações apenas geram inimizades, visto que o grosso das causas da baixa qualidade e da baixa produtividade encontram-se no sistema, estando portanto, fora do alcance dos trabalhadores.
11. Elimine padrões de trabalho (quotas) na linha de produção. Substitua-os pela liderança. Elimine o processo de administração por objetivos. Elimine o processo de administração por cifras, por objetivos numéricos. Substitua-os pela administração por processos através do exemplo de líderes.
12. Remova as barreiras que privam o operário horista de seu direito de orgulhar-se de seu desempenho. A responsabilidade dos chefes deve ser mudada de números absolutos para a qualidade. Remova as barreiras que privam as pessoas da administração e da engenharia, de seu direito de orgulharem-se de seu desempenho. Isto significa a abolição da avaliação de desempenho ou de mérito, bem como da administração por objetivos.
13. Institua um forte programa de educação e auto-aprimoramento.
14. Engaje todos da empresa no processo de realizar a transformação. A transformação é da competência de todo mundo.

Joseph Juran é também um dos principais pioneiros da Qualidade. Como Deming, ele trabalhou sob a supervisão de Walther Shewhart, mas não propõe a mesma ênfase em Métodos Estatísticos. Juran é o autor da definição clássica de que "Qualidade é adequação ao uso" e de outras definições como "Qualidade consiste nas características do produto que atendem as necessidades dos clientes e assim fornecem a satisfação em relação ao produto", "Qualidade significa ausência de deficiências", e de que a sua obtenção é resultado do gerenciamento da organização para a mudança. Um ponto comum entre a sua obra e a de Deming é o reconhecimento de que as maiorias das oportunidades surgidas para melhorar a Qualidade requerem ações decisivas da administração para serem aproveitadas.

Criado no Japão na década de 1950, por Kaoru Ishikawa, o Circulo de Controle de Qualidade foi formalizado em 1962. A indústria de base japonesa foi completamente arrasada durante a Segunda Guerra Mundial. A única saída para a reconstrução do país era a exportação. Neste

contexto a formação de grupos informais para o controle de qualidade, sugeriu como opção viável para que as indústrias japonesas atingissem seu objetivo maior: produzir com custo baixo e qualidade.

Ishikawa (1982) postula que "qualidade começa e termina com educação". Também defende que o primeiro passo para a qualidade é o conhecimento dos requisitos dos clientes; portanto, marketing é a entrada e a saída da qualidade. Para Ishikawa, a gestão da qualidade consiste em desenvolver, criar e fabricar mercadorias mais econômicas, úteis e satisfatórias para o comprador.

Karou Ishikawa, lançou também a idéia das Sete Ferramentas para o Controle Estatístico de Qualidade: Folha de Verificação, Estratificação, Diagrama de Pareto, Histograma, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Dispersão, Gráfico de Controle de Processos ou de Shewhart, sendo também o criador do Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa Efeito (Ishikawa, 1982).

Uma das abordagens mais interessantes sobre a Qualidade foi apresentada por Taguchi *et al.* (1989). A abordagem preconiza que produtos e processos devem ser projetados de forma a serem robustos em relação às fontes externas de variabilidade, através da utilização de técnicas de Planejamento Estatístico de Experimentos (durante o projeto por parâmetros e por tolerâncias). Taguchi propõe que os esforços para reduzir a variabilidade devem visar a operação no alvo (produtos com características o mais próximas possíveis dos valores nominais de Especificação), ao invés de simplesmente atender às Especificações (entre os valores superior e inferior). A razão para tal procedimento é a constatação de que qualquer produto produzido fora do seu valor nominal causará uma perda não só para a organização, mas também para a sociedade em que tal organização está inserida. Taguchi introduziu uma função quadrática para calcular a perda causada pelos desvios. Não obstante, há ainda controvérsias sobre a sua abordagem para o Planejamento Estatístico de experimentos e a análise dos dados (MONTGOMERY, 2004).

A história da Qualidade se mostra muito rica em conteúdos, autores como estes acima citados são os grandes responsáveis pelo alto padrão de qualidade das empresas na atualidade. Estudos nesta área continuam sendo realizados e embora existam diferenças entre as filosofias, há praticamente uma unanimidade em relação a um ponto: a responsabilidade pela

obtenção, manutenção e melhoria da Qualidade é de todos os indivíduos da organização. Essa diretriz precisa ser enfatizada durante qualquer processo de ensino relacionado à Qualidade.

2.2. Origem da ISO

Trata-se de uma entidade fundada em 1947, sediada em Genebra na Suíça, que congrega organismos de normalização nacionais. A sigla ISO é uma referência à palavra grega ISO, que significa igualdade. ISO é o nome usual com o qual é conhecida a *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Padronização). Sua principal atividade é a de elaborar padrões para especificações e métodos do trabalho nas mais diversas áreas da sociedade (existem normas por exemplo, para classificação de hotéis, café, usinas nucleares, etc.), exceto no setor eletro-eletrônico onde a responsabilidade fica a cargo da *International Electrotechnical Commission*.

O nome genérico ISO 9000 representa todo o conjunto de documentos relacionados com a sistematização de atividade para garantia da qualidade.

A ISO ficou popularizada pela série 9000, ou seja, as normas que tratam de Sistemas para Gestão e Garantia da Qualidade nas Empresas.

A ISO 9000 e a ISO 9004 são guias e a ISO 9001, 9002, 9003 e representam 3 níveis distintos de Sistema de Qualidade para uso em situações contratuais, que exijam a demonstração de que a Empresa fornecedora é administrada com qualidade.

Detalhadamente temos:

- A. ISO 9000 - Um guia para Seleção e uso das outras normas da série. Ela também define 5 termos-chaves da qualidade também definidos na ISO 8402.
- B. ISO 9001 - Especifica um modelo de Sistema de Qualidade. Considerada a mais completa, pois, abrange todas as fases do processo produtivo de uma organização, desde a venda do produto ou Serviço passando pelo projeto, fabricação até posterior atendimento pós-venda. Modelo completo com aplicação de 20 requisitos.
- C. ISO 9002 - Idêntica a 9001, exceto pela inexistência do requisito "Controle de Projeto", ou seja, é aplicável a empresas que, ou tem um produto cujo projeto é muito

simples ou não dispõe desta função (Ex.: um hospital ou uma fábrica de parafusos, já que este é um produto padronizado por normas). Aplica 19 requisitos dos 20 previstos, não sendo aplicável o requisito 4.4 - Controle de Projeto.

- D. ISO 9003 - A mais simples de todas, mas, pelo fato de se preocupar apenas com a inspeção do produto foi pouco adotada. Aplica 16 requisitos dos 20 previstos, não sendo aplicáveis os requisitos 4.4 - Controle de Projeto, 4.6 - aquisição, 4.9 - Controle de Processo e 4.19 - serviços Associados.

A seguir são apresentados os 20 requisitos da ISO.

1. Responsabilidade da administração - Trata do papel da alta administração na implantação do Sistema da Qualidade.
2. Sistema da Qualidade - Descreve a documentação que compõe o sistema da qualidade.
3. Análise crítica do contrato - Trata da relação comercial entre a empresa e seus clientes.
4. Controle do projeto - Trata do desenvolvimento de novos produtos para atender aos clientes.
5. Controle de documentos e dados - Trata da forma de controlar os documentos do sistema de qualidade.
6. Aquisição - Trata da qualificação dos fornecedores de materiais e prestadores de serviços e do processo de compra.
7. Produto fornecido pelo cliente - Trata dos cuidados necessários com os produtos fornecidos pelo Cliente para incorporar ao produto final.
8. Rastreabilidade - Trata da história da fabricação do produto ou prestação de serviço.
9. Controle de processo - Trata do processo de produção dos produtos comercializados pela empresa.
10. Inspeção e ensaios - Trata do controle de qualidade que é realizado no produto ou serviço.
11. Controle de equipamento de inspeção, medição e ensaios - Trata do controle necessário para calibração dos instrumentos.
12. Situação da inspeção e ensaios - Trata da identificação da situação da inspeção do produto ou serviço em todas as etapas da sua produção.
13. Controle de produto não conforme - Trata das providências que devem ser tomadas com os produtos fora de especificação.

14. Ação corretiva e preventiva - Trata das ações necessárias para as não conformidades identificadas para evitar a sua repetição.
15. Manuseio, armazenamento, embalagem, preservação e expedição - Trata dos cuidados com o produto acabado até a expedição para o cliente.
16. Controle dos registros da qualidade - Trata dos cuidados dos registros da qualidade para facilitar a sua recuperação.
17. Auditorias internas da qualidade - Trata da programação das auditorias internas da qualidade.
18. Treinamento - Trata do levantamento de necessidades de treinamento e da programação dos respectivos treinamentos.
19. Serviços associados - Trata dos serviços associados oferecidos pela empresa e seus clientes.
20. Técnica estatística - Trata da utilização de técnicas estatísticas na empresa.

2.3. ISO/TS 16949

A competitividade do mercado automobilístico levou a que a certificação dos fornecedores do setor deixasse de ser opcional para passar a ser uma exigência dos seus clientes. Foram, desta forma, criados, pelos grandes fabricantes, diversos referenciais normativos, que definem os requisitos dos sistemas da qualidade a aplicar pelos fornecedores. Trata-se dos referenciais QS-9000 (EUA), VDA 6.1 (Alemanha), EAQF (França) e AVSQ (Itália).

Constatou-se, no entanto, que não existia um reconhecimento mútuo entre os vários referenciais existentes, o que implicava que, organizações que forneciam produtos para mercados internacionais e para fabricantes de diversos países, teriam que manter várias certificações, acompanhadas das respectivas auditorias ao sistema da qualidade.

A fim de eliminar o referido problema, o IATF (*International Automotive Task Force*) iniciou, em 1995, o desenvolvimento de um referencial comum, que incluísse os requisitos dos vários fabricantes e que fosse reconhecido por todos. Desta forma, surgiu, em 1999, a Especificação Técnica ISO/TS 16949, a qual foi submetida à ISO, para aprovação e publicação.

O IATF consiste num grupo internacional de fabricantes de veículos automotivos e respectivas associações, no qual se inclui a Ford, GM, Daimler Chrysler, BMW, PSA Peugeot Citroën, Renault SA, Fiat, Volkswagen, bem como as seguintes associações de comércio automóvel: AIAG (América), VDA/QMC (Alemanha), ANFIA (Itália), FIEV (França) e SMMT (Reino Unido).

A ISO/TS 16949:1999 foi desenvolvida com base na ISO 9001:1994, cujo campo de aplicação é estabelecer os requisitos de um sistema da qualidade para a concepção e desenvolvimento, produção e, onde aplicável, instalação e serviços após venda de produtos ligados à indústria automobilística. Trata-se, portanto, da variante da Norma Internacional ISO 9001 para a Indústria Automotiva. O documento, em conjunto com os requisitos específicos de cada fabricante, define os requisitos para o sistema da qualidade a utilizar na cadeia de fornecimento automóvel. Além de evitar múltiplas auditorias de certificação, a ISO/TS 16949 foi concebida tendo em conta a melhoria da qualidade de produtos e processos, associado a um aumento da eficiência e redução da variação.

Com a revisão das Normas ISO 9000, também o IATF adaptou a ISO/TS 16949 à nova estrutura, tendo sido emitida, em Março de 2002, a ISO/TS 16949:2002, que é o referencial comum e único a todos os membros do IATF. A revisão deste documento inclui a nova abordagem por processos, o retorno de informação sobre a ISO/TS 16949:1999, baseada em experiências de implementação e ainda a contribuição de outros participantes, como os membros da ISO/TC 176 e a Associação de Fabricantes de Automóveis Japoneses (JAMA).

Em resumo, a certificação ISO/TS 16949 significa:

- Redução no número de reconhecimentos por 3ª parte que a organização tem que manter, permitindo a libertação de tempo e recursos para outras atividades ligadas à qualidade e oportunidades de melhoria que tragam mais valias ao negócio.
- Redução no número de auditorias de 2ª parte.
- Uma abordagem comum ao sistema da qualidade na cadeia de fornecimento, permitindo às organizações um trabalho conjunto mais eficaz
- Uma linguagem comum, que implica uma melhoria na compreensão dos requisitos de qualidade, facilitando a implementação e manutenção do sistema da qualidade.

2.4. Conceito de Processo

Apesar dos diversos tipos existentes, o conceito de processo pode ser considerado universal. O conceito clássico tem sido apresentado por diversos autores, destacadamente Campos (1992), Montgomery (2004), Kane (2000), entre outros. Neste contexto, processo de manufatura, ou qualquer outro processo, genericamente, pode ser definido como um conjunto de causas que tem por objetivo produzir um ou mais efeitos específicos (CAMPOS, 1994).

Um processo de manufatura pode ser representado por um sistema provido de entradas e saídas que transforma a matéria prima em produtos acabados. As entradas são representadas por variáveis de entrada ou parâmetros de processo (causas), e as de saída por características de qualidade (efeito).

Em um processo de manufatura o conjunto de causas é uma combinação de máquinas, ferramentas, materiais, métodos, pessoas e outras causas. Estas são representadas por variáveis de entrada do processo. Tomando como exemplo a empresa de usinagem, um processo em que o produto seja um Cubo de Roda. Dureza da matéria-prima fundida, velocidade de corte, avanço da ferramenta e dureza da ferramenta poderiam ser consideradas as variáveis de processo.

As variáveis de entrada são classificadas em controláveis (xi) e incontroláveis (zi). Controláveis são as variáveis em que se pode ter controle tais como temperaturas, pressões, velocidades de corte, etc. Variáveis incontroláveis, que podem ser ou não conhecidas, são as que não se pode ter controle tais como fatores ambientais, satisfação das pessoas, dentre outras. As incontroláveis são também conhecidas como as variáveis perturbadoras de um processo. A classificação das variáveis de um processo em controláveis ou incontroláveis varia de um processo para outro.

2.5. Conceito de controle do processo

Controlar um processo é acima de tudo controlar a qualidade deste. Segundo Juran (1990) controle de qualidade é um processo gerencial composto pelas seguintes etapas:

1. Avaliação do desempenho real da qualidade
2. Comparação do desempenho real com as suas metas

3. Atuação nas diferenças entre desempenho real e metas

Logo, o conceito de controle é de manter o *status quo*, isto é, de manter o processo em seu estado planejado de modo que ele continue capaz de atingir as suas metas planejadas. Em outras palavras, a manutenção dos níveis de qualidade, ou metas, definidos para um processo são, assim, os desafios estipulados para o controle. Devido à entropia (tendência de desordem natural das coisas do universo), existem diversos tipos de acontecimentos que tendem a prejudicar a capacidade do processo em atingir estas metas. Resulta daí, que o controle, através da ação imediata para manter o *status quo* procura minimizar estes prejuízos. Numa abordagem preventiva pode-se dizer que o controle objetiva evitá-los.

2.6. Conceito de controle estatístico do processo

O Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma forma de controle de processo preventivo. Constitui-se da utilização de técnicas estatísticas para se controlar o processo. Por técnicas estatísticas entende-se a coleta, representação e análise de dados de um processo.

Dentre o conjunto de técnicas disponíveis as mais comumente usadas são as cartas de controle. Essas são classificadas em cartas para variáveis e cartas para atributos. As para variáveis são utilizadas para características de qualidade por variáveis (medidas como diâmetros, comprimentos, espessuras, etc.). Existem cartas de controle por variáveis para controle de medidas de tendência central e para controle de dispersão. As cartas para atributos respectivamente são para características por atributos(V/F, P/NP, C/NC, etc.).

Resumidamente, o CEP é uma metodologia que potencialmente permite conhecer o processo, manter o mesmo sob estado de controle estatístico e melhorar a capacidade do mesmo. Tudo isso se resume a redução de variabilidade do processo.

2.7. Conceito estatístico de variação

Os produtos manufaturados sempre possuem diferenças entre si, e estas são originadas pela variação das variáveis de entrada do processo. Quando estas diferenças são significantes em

relação às especificações de projeto corre-se o risco de se ter produtos não conformes, isto é, produtos que não atendem às especificações.

As fontes de variação de um processo geralmente são classificadas nos seguintes grupos:

- Matéria-prima
- Ferramentas
- Meios de medição
- Máquinas
- Operacional
- Métodos de trabalho
- Meio ambiente
- Gerencial

Alguns exemplos de causas de variação são:

- Desgaste de ferramentas
- Matérias-primas fora da especificação
- Método de trabalho incorretos
- Gerenciamento inadequado
- Erros humanos

Estas causas, por sua vez, podem ser classificadas em comuns e especiais. Causas comuns são as que fazem parte da natureza do processo, sendo responsáveis pela variabilidade natural do processo. São difíceis de ser identificadas, geralmente sendo uma conjugação de diversas fontes de variação. No entanto, os efeitos desta conjugação, geralmente, são fáceis de serem medidos. São também difíceis de ser eliminadas economicamente, necessitando geralmente de intervenções gerenciais tais como troca de máquina, alteração do produto, etc.

Em um processo de produção bem projetado e cuidadosamente mantido, uma variação natural ou inerente sempre existirá, conforme dito anteriormente. Esta variabilidade natural é o efeito acumulado de causas inevitáveis. Em outras palavras, causas comuns são partes inerentes do processo.

Causas especiais, por sua vez, são as causas específicas, acidentais e imprevisíveis que geralmente afetam uma determinada operação da máquina, operador ou período de tempo. São mais fáceis de serem identificadas, estando quase sempre no domínio do operador, gerente ou pessoal de apoio. Quando detectadas devem ser prontamente eliminadas para não afetarem o desempenho do processo.

Os conceitos de causas comuns e causas especiais permitem classificar o sistema de ações corretivas do CEP em 2 tipos:

- CEP operacional: Ações locais, realizadas pelos próprios operadores de máquinas, tem por objetivo a eliminação de causas especiais. O CEP operacional corresponde as atividades de utilização de recursos estatísticos básicos, tais como cartas de controle, junto aos processos de manufatura visando manter estes sob controle.
- CEP gerencial: Ações gerenciais, baseadas em estudos mais detalhados, tem por objetivo a eliminação de causas comuns. O CEP gerencial corresponde às atividades de utilização de recursos estatísticos mais avançados, tais como metodologias de solução de problemas.

Uma vez entendidos os conceitos de causa comum e especial, é possível explicar o significado estatístico da variabilidade, isto é, o conceito de estado, ou falta, de controle estatístico. Um processo apresenta-se sob estado de controle estatístico quando o mesmo apresenta uma variabilidade estatisticamente estável e uniforme ao longo do tempo. Processos sob estado de controle estatístico apresentam apenas causas comuns de variação. Por outro lado, um processo se apresenta fora do estado de controle estatístico quando o mesmo apresenta uma variabilidade estatisticamente instável e não uniforme ao longo do tempo. Processos fora do estado de controle estatístico apresentam causas comuns e especiais de variação.

2.8. Os limites de Controle

Se os pontos estão dentro dos limites de controle LIC e LSC, determinados estatisticamente, e a trajetória formada por estes pontos seguem um padrão aleatório, assume-se que o processo está sob controle, e nenhuma ação é necessária. Por outro lado, se um ponto cai fora dos limites de controle, a princípio, existe uma evidência de que o processo está fora de controle, isto é, pode existir uma ou mais causas especiais. Uma investigação e tomada de ações são

necessárias. Mas mesmo os pontos estando dentro dos limites de controle o processo pode estar fora de controle estatístico. Neste caso as trajetórias descritas pelos pontos mostram um padrão não aleatório. Alguns autores têm apresentado exemplos destas trajetórias e regras para identificá-las (Western Electric Company Handbook ,1967, p.25-29).

As figuras 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 demonstram alguns exemplos de falta de controle, isto é, de comportamento anormal das trajetórias dos pontos.

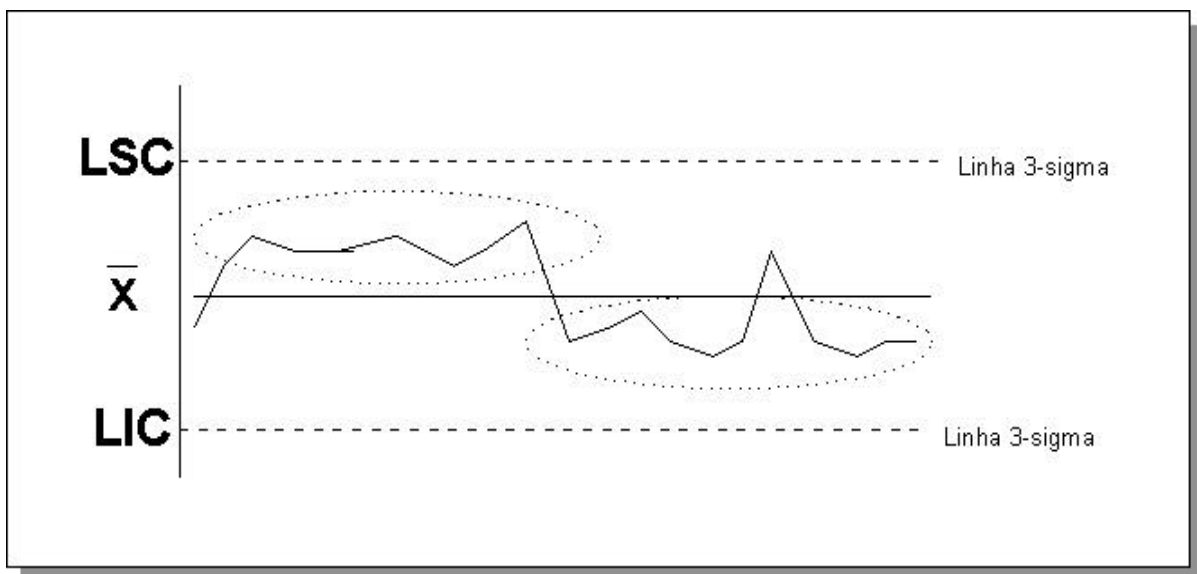


Figura 2.1 Exemplo de Média Deslocada

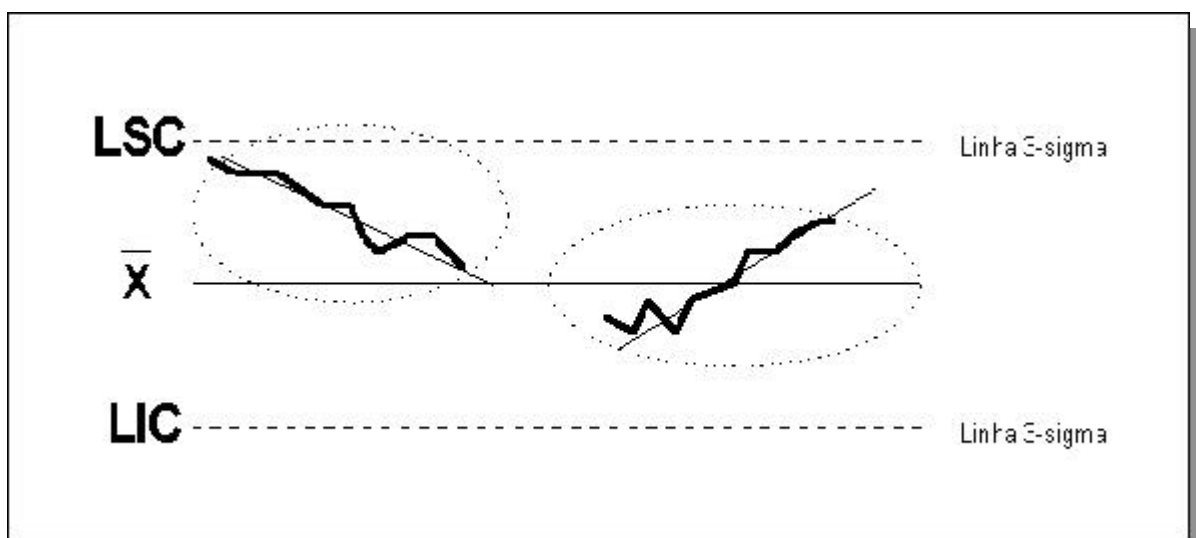


Figura 2.2 Exemplo de Tendências

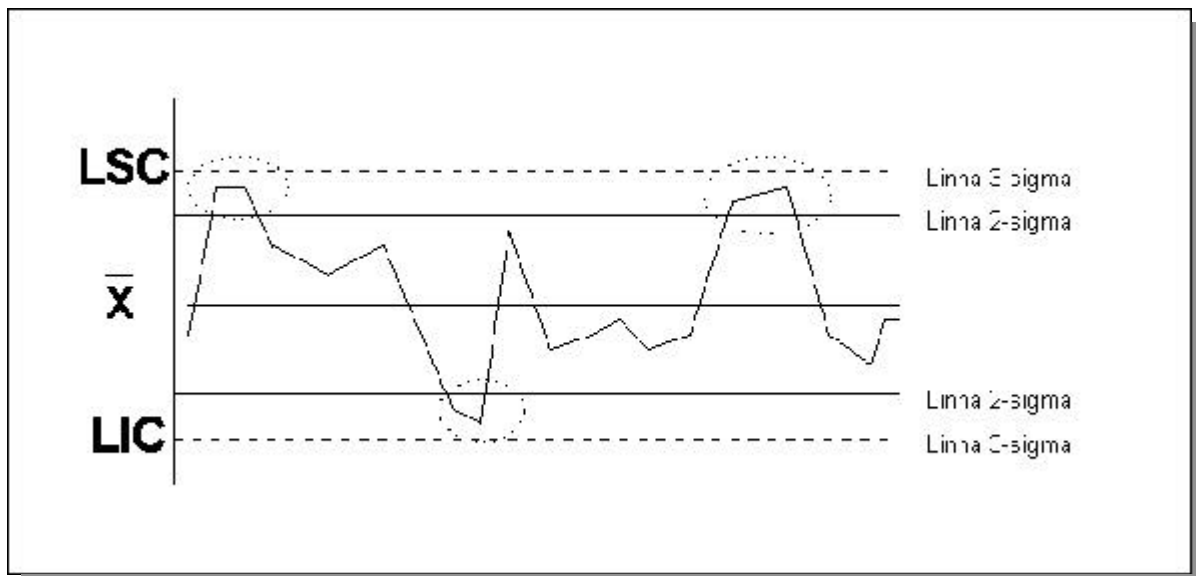


Figura 2.3 Exemplo de Pontos na Região Crítica do Gráfico

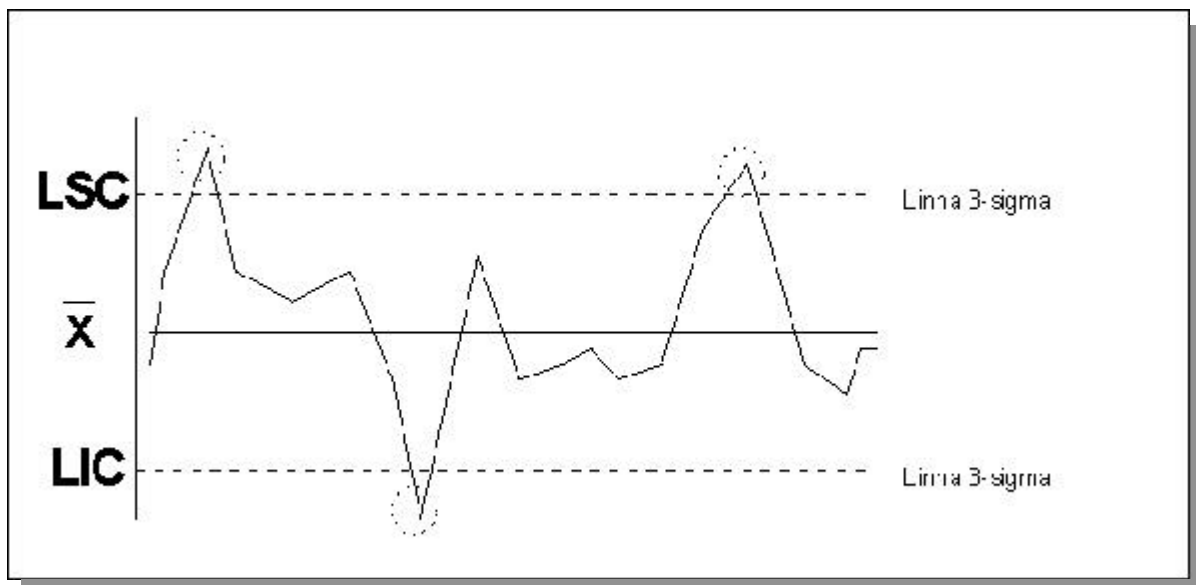


Figura 2.4 Exemplo de Pontos Fora dos Limites de Controle

Na figura 2.1 temos um caso típico de média deslocada do processo, demonstrada por vários pontos consecutivos acima ou abaixo da linha média. Na figura 2.2 têm-se casos típicos de seqüências ascendente ou descendente. Já na figura 2.3 têm-se pontos consecutivos na região entre 2s e 3s do gráfico de controle, em intervalos aproximadamente regulares. Na figura 2.4

têm-se pontos fora dos limites de controle a intervalos regulares. Todas essas trajetórias têm causas, a princípio, distintas. Diferentes variáveis de entrada do processo estão ocasionando estes comportamentos. No entanto, cada processo apresenta um comportamento diferenciado. Para alguns autores 7 pontos consecutivos acima ou abaixo da linha média representam um indicativo de falta de controle. Para outros bastam 5 pontos. O mais importante é reconhecer que não existem regras universais de identificação de trajetórias não aleatórias que sejam aplicadas a todo e qualquer tipo de processo. A prática do CEP demonstra que estas regras gerais devem ser adaptadas.

2.9. Capacidade do Processo

Capacidade é a medida da variabilidade de um processo estável em relação às especificações de projeto. Em outras palavras, está associado a capacidade de um processo produzir produtos cujos resultados atendam às especificações de projeto. Segundo este conceito, um processo, quanto a capacidade, pode ser classificado em:

- Processo capaz: quando os resultados das medições dos característicos de controle estão dentro do intervalo especificado em projeto, isto é, estatisticamente não estão sendo produzidos produtos defeituosos.
- Processo incapaz: quando os resultados das medições dos característicos de controle estão fora do intervalo especificado em projeto, isto é, estatisticamente existem indicações que estão sendo produzidos produtos defeituosos.

Como definido no conceito, não faz sentido avaliar a capacidade de processos fora do estado de controle estatístico. Assim a capacidade de um processo só deve ser avaliada se a variação do processo for devido apenas às causas comuns.

A maior vantagem da avaliação da capacidade do processo é a quantificação da variabilidade do mesmo. Logo, à medida que o CEP vá sendo praticado é importante avaliar a capacidade do processo para se quantificar os ganhos que estão sendo obtidos.

Dentre os métodos difundidos de avaliação o mais usual é o que propicia o cálculo dos índices de capacidade C_p e C_{pk} . Para um processo representado por uma distribuição normal é comum utilizar uma dispersão de 6 sigmas de referência. O índice de capacidade C_p , também

denominado índice de capacidade potencial do processo, é calculado da seguinte forma:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6s}$$

Onde:

LSE - Limite Superior de Especificação do produto ou processo.

LIE - Limite Inferior de Especificação do produto ou processo.

Observe que o denominador da fórmula representa a dispersão do processo (ou variabilidade), enquanto o numerador representa a tolerância especificada para o produto. Este índice é denominado potencial pois compara apenas os tamanhos da dispersão do processo e do intervalo de tolerância do produto, não levando em consideração a posição relativa entre ambos.

Para medir as posições relativas entre a dispersão do processo e a tolerância do produto é utilizado o índice de capacidade real do processo, C_{pk} , calculado da seguinte forma:

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}$$

$$C_{pu} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}$$

$$\text{Sendo } C_{pk} = \min \{C_{pl}, C_{pu}\}$$

Onde \bar{X} representa a média das observações que representam o processo.

2.10. Valores Típicos de C_p e C_{pk}

Os valores de referência de C_p e C_{pk} variam muito de uma empresa para outra. Muito comum é se adotar o valor referência de 1,33. Esse valor indica que é possível trabalhar com uma dispersão de amplitude 8s dentro do campo de tolerância do produto.

Os valores de C_p e C_{pk} se relacionam geralmente da seguinte maneira. Quando C_p é alto ($>1,33$) e C_{pk} é baixo ($< 1,0$) tem-se o caso típico em que dispersão é adequada, porém a média está deslocada. Para esses as ações geralmente indicadas são operacionais, resumindo-se muitas vezes na regulagem de máquina para centralização do processo. Portanto, se um processo estiver produzindo peças cujos resultados das medições estejam fora das especificações, mas sua dispersão for relativamente pequena, este pode ser considerado potencialmente capaz, isto é, o C_p será elevado, mas em contrapartida poderá apresentar C_{pk} baixo.

Uma outra situação é quando o valor de C_p é baixo. Nesse caso a dispersão do processo não é satisfatória, e pode ser também que a sua média esteja deslocada. Ações para este caso são muitas vezes gerenciais e mais complexas, pois as causas da elevada dispersão podem, muitas vezes, ser de difícil redução, tanto financeira quanto tecnicamente.

2.11. Relação com o percentual de defeitos produzidos

Uma grande vantagem de se utilizar o método de cálculo de C_p e C_{pk} é a possibilidade de relacionar estes índices com a taxa de defeituosos produzida. Se um processo for representado pela distribuição normal, sua média coincidir com o valor nominal especificado para o produto e o índice C_p for igual a 1, por exemplo, pode-se dizer que este processo produz no máximo 0,27% de peças defeituosas, pois para esta distribuição 99,73% dos dados estão dentro dos limites que cobrem a dispersão de tamanho $6s$.

2.12. Aplicações dos resultados na avaliação da capacidade do processo

Além de permitir a quantificação da eficácia do CEP, os resultados da avaliação da capacidade de processos são uma fonte de informações para o desenvolvimento de novos produtos e processos, assinatura de contratos comerciais e também para o estabelecimento de prioridades de melhoria. (MONTGOMERY, 2004).

3. FERRAMENTAS UTILIZADAS

Existe um grupo de ferramentas estatísticas básicas que são aplicadas à melhoria e ao gerenciamento dos processos. Ao total são sete ferramentas que podem ser utilizadas para a coleta, o processamento e a disposição das informações sobre a variabilidade dos processos produtivos. A seguir serão apresentadas estas ferramentas e mais algumas outras também relevantes ao estudo

3.1. Estratificação

Uma das sete ferramentas da qualidade, usada para identificar a área na qual se encontram as causas do problema. A estratificação exige a classificação dos dados em vários grupos, com atributos semelhantes considerados significativos para um melhor entendimento das causas do problema. Observe que a estratificação não diz claramente qual a causa do problema, mas apenas que é altamente provável que tal causa esteja presente numa determinada área, objeto, operação, pessoa etc, selecionado como característica da estratificação

A estratificação busca mostrar um padrão entre os dados. Descoberto este padrão, as causas se tornam mais evidentes, e os problemas mais fáceis de se detectar.

A estratificação começa pela coleta de dados com perguntas do tipo: Os turnos de trabalho diferentes podem ser responsáveis por diferenças nos resultados? Os erros cometidos por empregados novos são diferentes dos erros cometidos por empregados mais experientes? A produção nas segundas-feiras é muito diferente da dos outros dias da semana? Etc.

Quando a coleta de dados termina, deve-se procurar, primeiramente, padrões relacionados com o tempo ou a seqüência, verificando se há diferenças sistemáticas entre os dados coletados. No caso de perguntas como as exemplificadas, deve-se analisar as diferenças entre dias da semana, turnos, operadores etc.

A Figura 3.1 é um exemplo típico de estratificação. É uma pesquisa realizada por institutos de pesquisa que aparece nos jornais diariamente. Em época de eleições, por exemplo, os dados

da pesquisa podem ser estratificados por região de origem, sexo, faixa etária, escolaridade ou classe sócio-econômica do eleitor. O exemplo a seguir é uma estratificação por região

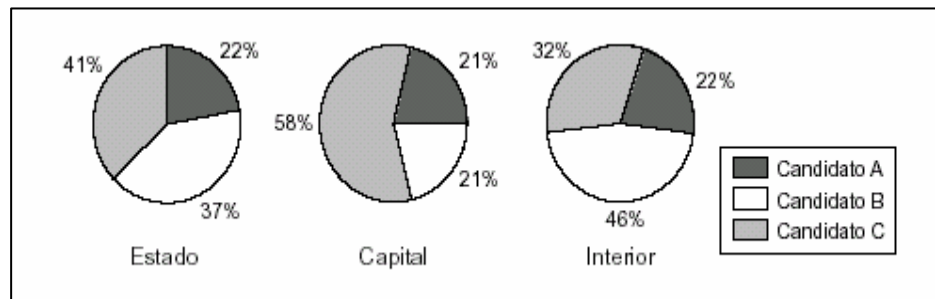


Figura 3.1 Exemplo de Estratificação

3.2. Coleta de dados

Uma das etapas mais críticas do processo de solução de um problema, ou de pesquisa, de uma forma geral, consiste na coleta de dados - conjunto de técnicas que, com o emprego de uma "folha de verificação" apropriada, permite a obtenção dos dados necessários a um tratamento estatístico específico (OLIVEIRA, 1996).

Diz-se crítica, pois se não for realizada corretamente comprometerá toda a análise que possa vir a segui-la e, conseqüentemente, as informações. Como a qualidade é intensiva em informações, há a necessidade de organização rigorosa para que não ocorra desperdício de tempo e recursos numa atividade frustrada.

Para facilitar o trabalho do coletor e do analista, é utilizada a folha de verificação, que se constitui em uma ferramenta para reunir dados e também um ponto lógico para iniciar a maioria dos controles de processo ou dos esforços para a solução de problemas (OAKLAND, 1994).

Elas cumprem uma função importante dentro do processo de coleta dos dados. Através delas é possível reduzir a variabilidade dos dados, uniformizando os aspectos relevantes da pesquisa, o conteúdo e o formato das respostas. Não existe um modelo geral - elas dependem de cada aplicação feita (PALADINI, 1994).

Após a coleta de dados são aplicadas várias técnicas para a obtenção de informações úteis. Utilizando-se técnicas estatísticas adequadas é possível comparar os dados, identificar valores suspeitos e fazer inferências úteis ao processo de tomada de decisão.

3.3. Diagrama de Causa e Efeito

Este diagrama, também chamado de "diagrama espinha de peixe" ou "diagrama de Ishikawa", foi criado para que todas as pessoas das empresas pudessem exercitar a separação dos fins de seus meios (CAMPOS, 1992). É uma ferramenta destinada a relacionar causas de desvios (COSTA, 2004). Trata-se de um instrumento voltado para a análise de processos produtivos.

Sua forma é similar à espinha de peixe, onde o eixo principal mostra um fluxo de informações e as espinhas, que para ele se dirigem, representam contribuições secundárias ao processo sob análise. O diagrama ilustra as causas principais de uma ação, ou propriedade, para as quais convergem sub causas (causas menos importantes), levando ao sintoma, resultado ou efeito final de todas (interação) e cada uma (reflexos isolados) dessas causas. O diagrama permite a visualização da relação entre as causas e os efeitos delas decorrentes. A Figura 3.2 é um exemplo do Diagrama de Causa e Efeito.

O *brainstorming* é uma ferramenta muito utilizada simultaneamente a construção do Diagrama de Causa e Efeito, trata-se de uma roda de idéias, destinada à busca de sugestões através do trabalho de grupo, para colocações sobre causas e efeitos de problemas e sobre tomada de decisão. É uma técnica usada para gerar idéias rapidamente e em quantidade que pode ser empregada em várias situações (Oakland, 1994).

O *brainstorming* busca liberar os membros da equipe de formalismos limitantes, que inibem a criatividade, e, portanto, reduzem as opções de soluções e meios. Busca-se encontrar a diversidade de opiniões e idéias. Por estes motivos, esta ferramenta se diferencia muito das outras, pois está mais centrada na habilidade e vontade das pessoas, do que em recursos gráficos ou matemáticos.

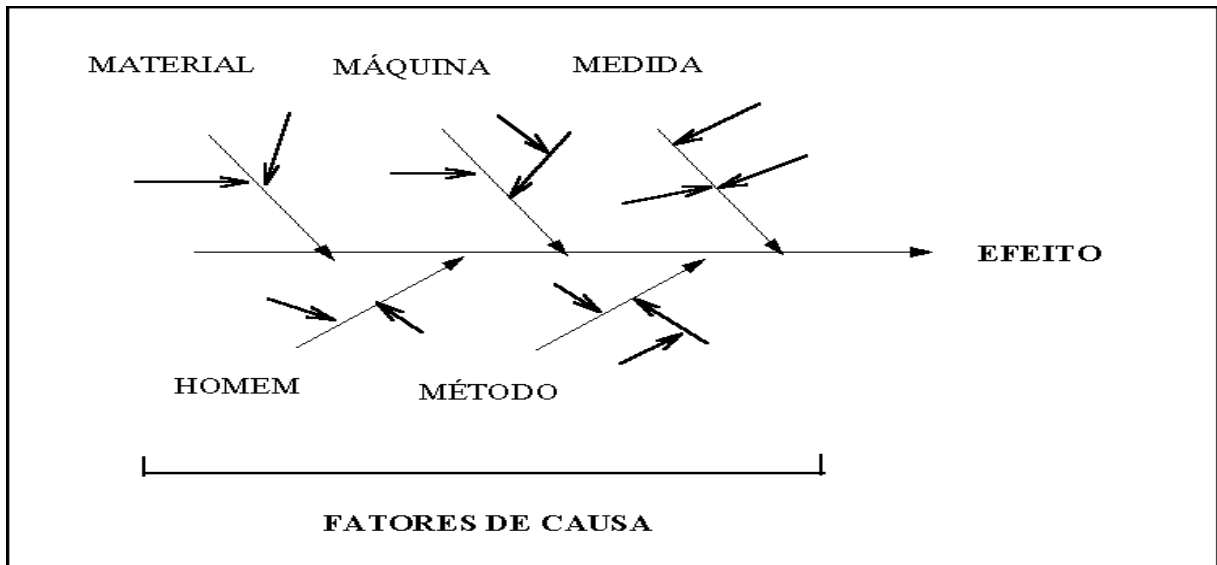


Figura 3.2 Exemplo de Diagrama de Ishikawa

Não existe um número fixo de pessoas para participar de uma sessão de *brainstorming*. O ideal é que tenham em torno de 10 a 12 pessoas, a fim de evitar muita dispersão do grupo. O sucesso do *brainstorming* deve ser medido constantemente, para que seja aprimorada sua aplicação.

Crítérios para a Reunião:

Durante o desenvolvimento da reunião devem ser tomados alguns cuidados para que os melhores resultados sejam alcançados:

- Nenhum julgamento deverá ser feito durante a manifestação de cada membro;
- As idéias devem ser imaginativas, evitando-se aquelas já citadas, ou tentadas;
- O coordenador deverá marcar o tempo de realização da reunião e estimular os membros para que seja formulado um grande número de idéias (5 a 15 minutos);
- Escrever em um quadro as idéias lançadas poderá se uma maneira adequada para que os membros possam fazer associações;
- Nenhum membro da equipe deverá ter tratamento especial, seja ele engenheiro, chefe, supervisor, diretor, técnico, ou outra qualquer denominação que, historicamente, são causas de inibição que se pretende acabar.

3.4. Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é uma figura simples que visa dar uma representação gráfica à estratificação (CAMPOS, 1992). O modelo econômico de Pareto foi traduzido para a área da Qualidade sob a forma "alguns elementos são vitais, muitos, apenas triviais", por Juran (PALADINI, 1994).

O que o diagrama de Pareto sugere é que existem elementos críticos e a eles deve-se prestar total atenção. Usa-se, assim, um modelo gráfico que os classifica em ordem decrescente de importância, a partir da esquerda. Os elementos sob estudo (apresentados na linha horizontal) são associados a uma escala de valor (que aparece na vertical), constituída de medidas em unidades financeiras, frequências de ocorrência, percentuais, número de itens etc. (PALADINI, 1994).

Hoje em dia, constata-se que as bases do Princípio de Pareto se aplicam a várias áreas do conhecimento (biologia, controle de estoque, etc.). Em particular, no campo da Gestão da Qualidade, tem-se mostrado uma ferramenta importante na priorização de ações, minimizando custos operacionais e evitando fracassos.

Dessa forma, é possível atacar os problemas, de forma eficiente, priorizando as causas que se mostram responsáveis pela maior parte das perdas. Portanto, o processo de melhoria deve desenvolver-se "passo-a-passo"; partindo-se daqueles considerados mais críticos, e cujos resultados positivos trarão um retorno maior para o sistema. Isto não impede que sejam desenvolvidas ações para eliminar causas consideradas simples, dentre as muitas e triviais, desde que com baixo dispêndio de recursos e tempo.

A Figura 3.3 é um exemplo do Diagrama de Pareto. Nele estão ordenadas por quantidade de ocorrência as causas de não conformidades de um determinado processo.

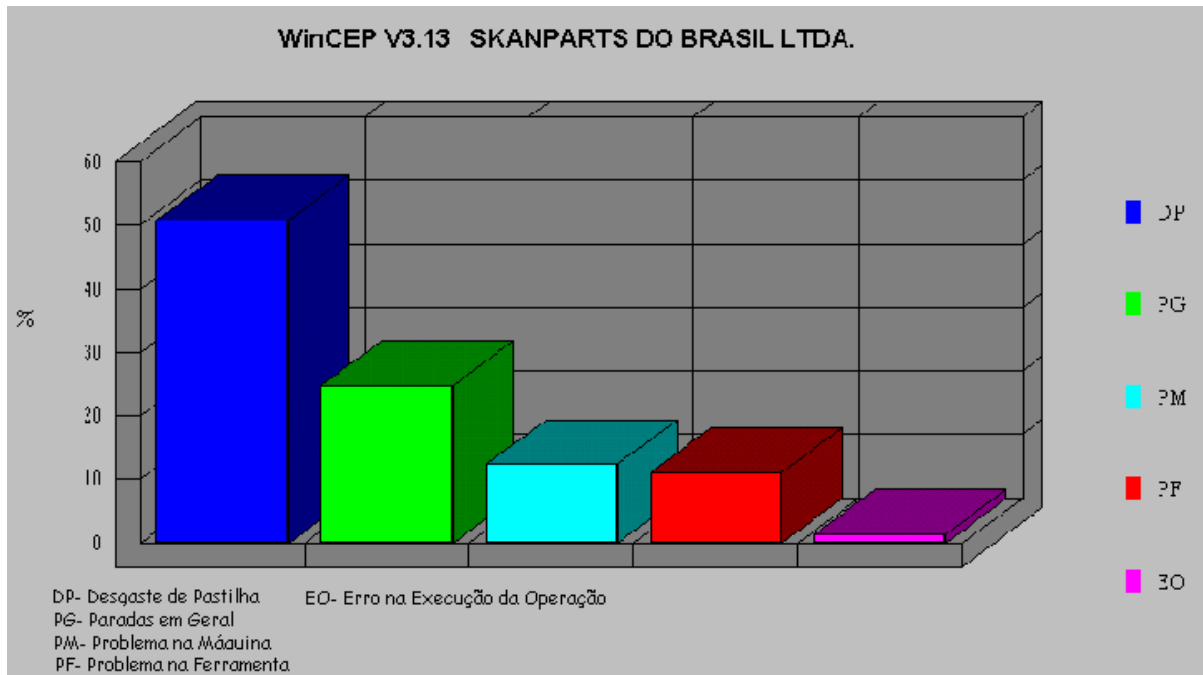


Figura 3.3 Exemplo de Diagrama de Pareto.

3.5. Histograma

O uso de histogramas, quando associados às especificações do produto, pode constituir-se numa das mais simples ferramentas do CEP. É um método para avaliar visualmente a capacidade do processo de produção. Apesar disso, não pode ser considerada uma ferramenta conclusiva.

Os histogramas mostram, de maneira visual muito clara, a frequência com que ocorre um determinado valor ou grupo de valores. Podem ser usados para apresentar tanto atributos como dados variáveis e são um meio eficaz de se apresentar os dados a todas as pessoas envolvidas no processo.

A construção do histograma é muito simples. Basta associar, na reta horizontal, as medidas (ou intervalos que as representem); na reta vertical, estão as frequências de ocorrência de cada medida ou cada intervalo. A estrutura da curva de dados aparece por sobre retângulos levantados, a partir dos intervalos de medidas.

A Figura 3.4 é um exemplo de Histograma. Percebe-se que o processo se apresenta estável e capaz, bem centralizado e com uma amplitude baixa.

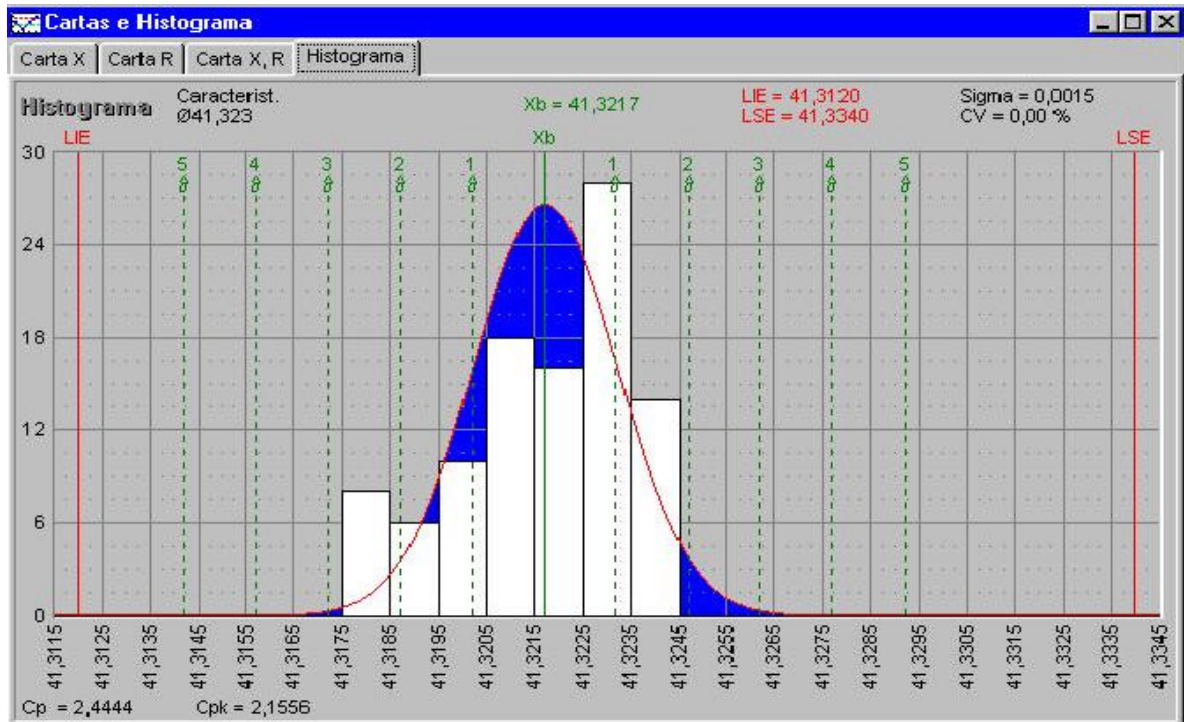


Figura 3.4 Exemplo de Histograma

3.6. Cartas de Controle

O gráfico ou carta de controle é um meio de monitorar variações nas características de um produto ou serviço focalizando a dimensão do tempo no qual o sistema produz produtos ou serviços estudando a natureza da variabilidade no sistema. Além disso, o gráfico de controle pode ser utilizado para estudar o desempenho passado e/ou para avaliar condições presentes. Dados representados num gráfico de controle podem formar a base para a melhoria do processo pois revelam quando um processo se altera e necessita de ação corretiva. Além de oferecer uma exposição visual dos dados que representam um processo, o principal foco do gráfico de controle é a tentativa de separar as causas de variações especiais das causas de variações comuns. Para exercer o controle da qualidade de um processo é preciso definir claramente quais as características que serão monitoradas durante esse processo.

Os gráficos ou cartas de controle são frequentemente classificados de acordo com o tipo de característica de qualidade que eles monitoram. As características de qualidade que se estudam num processo de manufatura ou de serviços, estão em geral associadas a variáveis aleatórias numéricas (contínuas), ou seja, podem ser mensuradas e expressas como valores numa escala contínua de medidas. Assim, os gráficos de controle que representam essas tais

características de qualidade são denominados de Gráficos de Controle para Variáveis. Existem no entanto, outros tipos de gráficos de controle denominados Gráficos de Controle para Atributos, cujas características da qualidade em estudo não podem ser representadas por um número, ou seja, não podem ser mensuradas em uma escala contínua ou quantitativa pois os itens de qualidade são classificados apenas em aceitável e inaceitável. Nesse caso, o modelo utilizado de uma variável aleatória é o uma variável aleatória discreta. Os gráficos para variáveis costumam ser superiores (em termos de desempenho) aos gráficos por atributos, pois necessitam de tamanho de amostras menores e contêm uma maior quantidade de informação nos seus dados. Os gráficos ou cartas de controle podem ser classificados ainda de acordo com o número de características de qualidade monitoradas num processo em dois tipos básicos de gráficos:

- Gráficos ou Cartas Univariadas
- Gráficos ou Cartas Multivariadas

Os gráficos ou cartas univariadas de controle são aqueles usados para a apresentação significativa de apenas uma característica de qualidade, enquanto que os gráficos ou cartas multivariadas de controle são aqueles usados para a apresentação significativa de uma estatística que resume ou representa mais de uma característica de qualidade num mesmo gráfico. Esse tipo de gráfico é usado em alguns processos onde surge frequentemente a necessidade de monitorar simultaneamente mais de uma característica de qualidade. A análise estatística multivariada de processos leva em consideração o estudo simultâneo das relações de todas as variáveis estudadas, ou seja, a distribuição conjunta das variáveis.

Elementos de um gráfico de controle

Um gráfico de controle é um conjunto de pontos (amostras) ordenados no tempo, que são interpretados em função de três linhas horizontais paralelas: uma linha central, que representa o valor médio da característica da qualidade sob medição, quando o processo está sob controle (LM) e duas linhas estabelecidas simetricamente a uma distância de 3 desvios padrões (3s) da linha central denominados de Limite Superior de Controle (LSC) e Limite Inferior de Controle (LIC).

Construção de um gráfico de controle

Para a construção dos diferentes gráficos de controle existentes, selecionam-se amostras aleatórias de tamanho n de um processo ao longo do tempo (usando intervalos fixos ou variáveis), e marca-se no gráfico valores sucessivos de uma dada estatística amostral associada ao processo como por exemplo, a amplitude, a média, etc. Estes valores marcados no gráfico de controle devem ser comparados com as duas linhas de ação (LSC e LIC) ou eventualmente com apenas uma dessas duas linhas.

A teoria estatística desenvolvida por W.A. Shewhart, para o cálculo dos limites de controle baseia-se na idéia de que, sendo um processo estável, então uma estatística qualquer calculada a partir dos dados fornecidos pelas amostras terá probabilidade aproximadamente igual a 1 (um) de estar no intervalo $(-3s, 3s)$, a partir da média da população. Na prática, como não se conhece o valor da média e nem o do desvio padrão dessa população, torna-se necessário substituí-los por estatísticas fornecidas pelas amostras.

A Figura 3.5 ilustra um exemplo de gráfico de controle. Trata-se de um gráfico de médias de um determinado diâmetro. Como pode se observar os valores estão todos dentro dos limites de controle, mostrando um processo estável e capaz.

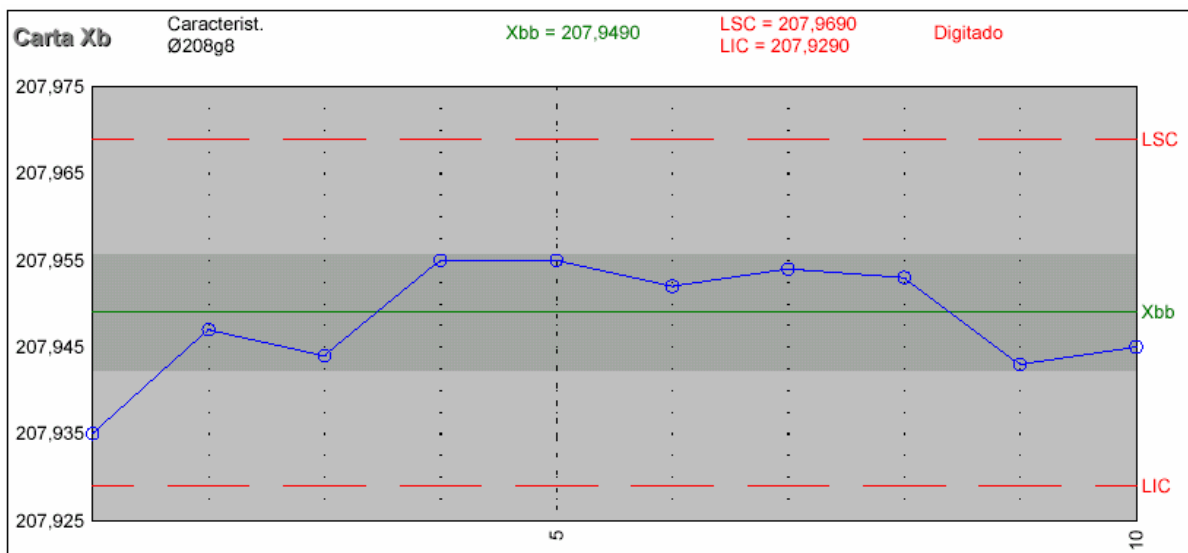


Figura 3.5 Exemplo de Carta de Controle

Interpretação da estabilidade do processo via gráfico de controle

O mais importante no controle de um processo é compreender o estado do processo com exatidão, interpretando o gráfico de controle tomando prontamente ações apropriadas quando algo suspeito for encontrado. Para analisar através de gráficos de controle se um processo é considerado sob controle ou não adota-se a seguinte regra de decisão:

- Se todos os valores (pontos) representados num gráfico caírem entre os limites de controle, ou seja, dentro dos parâmetros desejados, decidimos pela continuação do processo. Nesse caso, o processo é considerado sob controle.
- Se os valores representados caírem fora destes limites, isso pode ser interpretado como evidência de ter ocorrido uma mudança no processo e o gráfico deve emitir um sinal. A ação a tomar nesse caso, é parar o processo e requerer ações de investigação e correção para encontrar e eliminar a causa assinalável (especial) ou as causas responsáveis que provocaram tal situação. A localização dos limites de controle dá ao gráfico maior ou menor sensibilidade em detectar desvios do valor nominal.

3.7. Diagrama de Dispersão

Diagrama que permite a identificação do grau de relacionamento entre duas variáveis consideradas numa análise, ou seja, é útil para estabelecer associação, se existir, entre dois parâmetros ou dois fatores (OAKLAND, 1994).

Resultam de simplificações efetuadas em procedimentos estatísticos usuais e são modelos que permitem rápido relacionamento entre causas e efeitos. O diagrama cruza informações de dois elementos para os quais se estuda a existência (ou não) de uma relação. Pode-se ter uma relação direta, como no caso do consumo de energia e a velocidade de operação de um motor (mais rápido, mais ele gasta); ou uma relação inversa, como no caso da velocidade de operação do motor e a vida útil de uma ferramenta: mais rápido, maior desgaste, menor vida útil (PALADINI, 1994).

Dependendo da tecnologia, freqüentemente é útil estabelecer associação, se existir, entre dois parâmetros ou dois fatores. Uma técnica para iniciar tal análise é um simples gráfico X-Y dos dois conjuntos de dados. O agrupamento de pontos resultantes no diagrama de dispersão

revelará se existe ou não uma correlação forte ou fraca, positiva ou negativa entre os parâmetros. Os diagramas são de simples construção e fácil interpretação; a ausência de correlação pode ser tão perceptível quanto a verificação de que ela existe (Oakland, 1994).

3.8. Outras Ferramentas:

3.8.1. FMEA

Tratata-se do *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ou, em português, Análise do Modo e Efeitos de Falhas. É uma metodologia utilizada quando do desenvolvimento de um novo produto ou processo, com o objetivo de identificar e avaliar os riscos, de possíveis falhas do produto, em todas as fases de fabricação (FMEA de Processo) e na utilização pelo cliente (FMEA de Projeto), definindo e implementando ações, antes de iniciar a produção, para prevenir que tais falhas ocorram. A análise é baseada na experiência anterior, com produtos similares. Os riscos, são avaliados considerando-se (pontuando-se) três fatores:

1. Severidade: impacto do(s) efeito(s) causado(s) pela falha no cliente e/ou nas operações de fabricação posteriores.
2. Ocorrência: a probabilidade do problema acontecer em função da causa identificada
3. Detecção: a chance dos controles / inspeções previstos para o produto / processo detectarem a falha ou a causa da falha, antes de chegar no cliente ou operação posterior.

3.8.2. MSA

Measurement System Analyse (MSA), é uma análise do sistema de medição. Quando se descreve uma medida quantitativa de uma determinada grandeza é necessário garantir a confiabilidade dos dados que são obtidos para que os mesmos possam ser utilizados na comparação entre valores num estudo de melhoria de processos, de projetos, no monitoramento estatístico do CEP ou na simples comparação com medidas padrão.

Os erros de medição nos “cegam” quando não fornecem uma idéia real da grandeza que se analisa, pois por muitas vezes tentamos tirar dos sistemas de medição um valor mais acurado do que aquele que ele pode nos oferecer.

O objetivo dos estudos que abordados aqui é de avaliar o que o sistema de medição, utilizado atualmente, pode nos oferecer em termos de acurácia e se o mesmo é adequado àquela medição.

As medições são consideradas tão importantes de forma que a análise do sistema de medição é fundamental do ponto de vista da Engenharia e da Estatística antes da análise de qualquer processo.

Esta Análise do Sistema de Medição é definida pelos estudos para a viabilização de um sistema de medição, que englobam 3 fatores: Instrumento, Ambiente e Operador.

Dentro deste estudo estão o R&R (repetitividade e reprodutibilidade), a Tendência, a Linearidade e a Estabilidade. Que mostram através dos resultados se o sistema de medição é viável ou não ao processo.

3.8.3. 5W2H

É um tipo de Check-list muito utilizado que garante que a operação seja conduzida sem nenhuma dúvida por parte da chefias e subordinados. Os 5W correspondem às seguintes palavras do inglês: What (o que); Who (quem); Where (onde) When (quando) e finalmente Why (por que). No início utilizava-se apenas 1H que corresponde a How (como), ou seja, método a ser utilizado para conduzir a operação. Atualmente, procura-se incluir um novo H (How much/Quanto custa), transformando o método em 5W2H.

3.8.4. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) constitui-se numa das metodologias mais utilizadas nos processos de Gestão da Qualidade Total. Podemos dizer, baseados em Ishikawa, que o PDCA constitui a essência do controle da qualidade, na medida em que, para qualquer processo, na fase de planejamento (PLAN), há que se estabelecer metas, definir os métodos necessários para alcançar as metas desejadas. Na fase de execução (DO), deve ser realizado o processo de capacitação das pessoas e demais recursos do sistema operacional, e em seguida, parte-se para a execução propriamente dita. A execução deve ser realizada de forma a coletar dados, para permitir a verificação dos resultados, que constitui a fase seguinte (CHECK); a última fase

(ACT) consiste da ação visando corrigir o mau resultado identificado na fase anterior. Assim, quando se verifica o resultado de um processo qualquer, está-se verificando a qualidade deste processo: caso a meta desejada tenha sido alcançada, produziu-se qualidade. Caso a meta não tenha sido alcançada, a qualidade não foi satisfatória. Este raciocínio pode ser aplicado a qualquer processo, repetitivo ou não, manufatura ou serviços, operacional ou estratégico.

4. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma empresa de usinagem localizada na cidade de Maringá no interior do Paraná, esta empresa, apesar da distância dos grandes centros industriais do Brasil, consegue competir de igual para igual com outras empresas do ramo, oferecendo como diferencial o comprometimento com a qualidade e a confiabilidade.

4.1. Divulgação da idéia e treinamento para toda a organização

A primeira medida tomada pela organização para viabilizar a implantação do Controle Estatístico de Processos foi difundir a idéia através de reuniões com os colaboradores e principalmente através de treinamentos.

O intuito dos treinamentos é difundir os conceitos do CEP bem como propagar conhecimentos estatísticos básicos para o entendimento e utilização da organização. Dentre os tópicos abordados estão:

- Introdução à Melhoria Contínua e ao Controle Estatístico do Processo.

Nesta etapa foi explicada toda a parte teórica do CEP bem como a importância deste para a organização, abordando os objetivos almejados com a implantação.

- Noções Básicas de Estatística

Nesta etapa foi apresentada a teoria e a abrangência da estatística e como as ferramentas estatísticas seriam usadas no CEP.

- Uso do Diário de Bordo

Nesta etapa foi apresentado o Diário de Bordo proposto e explicado a maneira correta de sua utilização.

- Uso das Cartas de Controle

Nesta etapa foram apresentadas as Cartas de Controle propostas e explicada a sua correta utilização.

Ao final do treinamento foram feitos alguns exercícios visando simular o uso das Cartas de Controle e do Diário de Bordo e os participantes avaliados conforme o desempenho nos exercícios.

4.2. Definição e Apresentação da Peça a ser Estudada

A definição da peça na qual seria iniciada a implantação teve como base a forte necessidade de monitoramento estatístico exigido especificamente por um determinado cliente.

É comum, no setor automobilístico, as grandes empresas, através de seu sistema de gestão da qualidade adotar políticas de desenvolvimento de fornecedores e exigir deles uma melhoria contínua.

A empresa onde foi feito o estudo de caso é um típico caso de fornecedor destas grandes empresas. Ela já tem implantado um sistema de Gestão da Qualidade ISO/TS 16949 e monitora e melhora seus processos continuamente. O CEP não é uma grande novidade para a organização, pois já houve tentativas frustradas de implantação.

A peça escolhida para iniciar o processo de implantação é uma Carcaça do Diferencial, ou pelo código da empresa ZFA0009. Esta peça estava apresentando alguns problemas em suas características consideradas críticas principalmente relacionados à estabilidade do processo. Por ser também uma das peças de maior rotatividade na empresa, ficou claro que esta seria uma ótima escolha, pois a estabilização de seu processo geraria uma acentuada diferença no número de Não Conformidades encontradas não apenas dentro da empresa mais também no próprio cliente.

A Figura 4.1 ilustra a peça em três dimensões e em dois ângulos de visão. Nelas estão indicadas as características que serão estudadas:

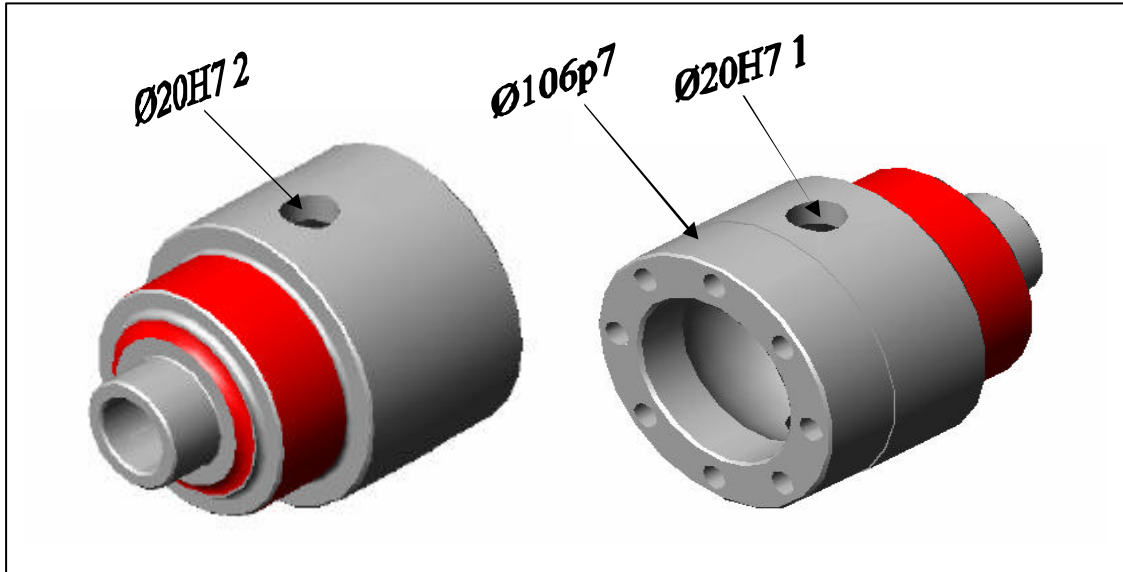


Figura 4.1 Carcaça do Diferencial

4.3. Diagrama de Fluxo do Processo de Produção

O Fluxograma da peça indica a seqüência de operações da peça durante seu processo de produção. A seqüência é codificada e dividida em Operações de 10 a 200, ou seja, Operação 10 para o recebimento da matéria prima, Operação 20 é a primeira usinagem, Operação 30 a segunda e assim por diante até a Operação 200 que é a expedição. Cada operação possui seu Plano de Controle e Carta de Operação, que são os procedimentos e instruções de trabalho das respectivas operações. O Fluxograma do Processo de Produção da Peça ZFA0009 se encontra no Anexo A.

4.4. Definição das Características a Serem Controladas:

As características críticas desta peça foram definidas durante o processo de desenvolvimento da peça mais precisamente em seu desenho e em seu FMEA. No desenho aparecem todas as características com suas tolerâncias e no FMEA de processo são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, busca-se antecipar e evitar falhas do processo, tendo como base às não conformidades do produto com as especificações do projeto. Desta forma durante a realização do FMEA são ditas críticas as características com maiores potencialidades de falha.

O estudo de FMEA realizado para a peça ZFA0009 com suas características consideradas críticas identificadas com a classificação “C” se encontram no Anexo B.

Conforme observado no FMEA as características consideradas críticas nesta peça são as seguintes:

- Batimento de 0,05 mm do $\varnothing 87,1$ mm em relação à (Z4/FE).
- Dimensão de 46,5 ($\pm 0,05$) mm. Distância entre (1Q/FE).
- $\varnothing 106p7$ (+0,072 / +0,037) mm.
- $\varnothing 87,15$ ($\pm 0,05$) mm. Diâmetro da Esfera.
- Batimento de 0,04 mm do $\varnothing 41,334$ mm em relação à (Z4/FE).
- $\varnothing 41,334$ (0/-0,022). Diâmetro do Rolamento.
- Dimensão de 46,5 ($\pm 0,05$) mm. Distância entre $\varnothing 20H7$ e (FE)(1).
- Dimensão de 46,5 ($\pm 0,05$) mm. Distância entre $\varnothing 20H7$ e (FE)(2).
- $\varnothing 20H7$ ($\pm 0,021/0$) mm (1).
- $\varnothing 20H7$ ($\pm 0,021/0$) mm (2).
- Perpendicularidade de 0,08 mm do $\varnothing 20H7$ em relação à (Z4/FE).
- Posição de 0,1 mm do $\varnothing 20H7$ em relação a Esfera (1).
- Posição de 0,1 mm do $\varnothing 20H7$ em relação a Esfera (2).

A quantidade de características críticas traduz a complexidade que será encontrada no processo de usinagem da peça. Na prática todas estas características serão controladas através do Controle Estatístico de Processos. Porém, neste estudo de caso serão apresentados os estudos feitos em apenas três características que são:

- $\varnothing 106p7$ (+ 0,072/+ 0,037) mm. ? 106,055 ($\pm 0,017$) mm.
- $\varnothing 20H7$ ($\pm 0,021/0$) mm (1). ? 20,010 ($\pm 0,010$) mm.
- $\varnothing 20H7$ ($\pm 0,021/0$) mm (2). ? 20,010 ($\pm 0,010$) mm.

4.5. Definição do Sistema de Medição

A medição é, sem dúvida, a parte mais importante de todo o estudo. Através da medição é que são originados os dados que irão possibilitar a realização das análises. Portanto, a correta

definição do sistema de medição é fundamental para que os dados possam traduzir as dimensões e as variações reais do processo.

O estudo de MSA, ou Análise do Sistema de Medição é a ferramenta empregada para garantir a conformidade do Sistema de Medição.

A seguir são apresentados os resultados dos estudos realizados para um Calibrador de Boca que será utilizado para a medição do Ø106p7, e para um Súbito que será utilizado na Medição dos Ø 20H7.

Os resultados do estudo são retirados de um software específico de MSA chamado WinMSA, produzido pela empresa VTB Consultoria e Treinamento.

O Software traz os estudos de R&R, Tendência, Linearidade e Estabilidade. Serão apresentados apenas os estudos realizados para o RR do Instrumento Calibrador de Boca (CBM0003), os outros estudos terão apenas seus resultados apresentados de forma a resumir e facilitar a compreensão.

WinMSA V2.01 VTB_(c)_2003

Arquivo : ZFA0009 - CBM0003.MSA

Identificação

Fábrica : XXX

Departamento : Engenharia da Qualidade

Setor : FEQ

Peca : ZFA0009

Característica : Ø106p7 (0,072/+0,037)

Unidade : mm

Instrumento : CBM0003 Calibrador de Boca

: REL0018 Relógio Comparador Milsimal

: PZB0005 Padrão de Zeramento para o Calibrador de Boca

Número de Casas Decimais : 3

Numero de Inspetores : 3

Numero de Peças : 10

Numero de Leituras : 3

Tolerância : 0,034

Nº de desvios : 5,150

<u>Evandro</u>			<u>Diogo</u>			<u>Félix</u>		
<i>Leit_01</i>	<i>Leit_02</i>	<i>Leit_03</i>	<i>Leit_01</i>	<i>Leit_02</i>	<i>Leit_03</i>	<i>Leit_01</i>	<i>Leit_02</i>	<i>Leit_03</i>
<i>106,053</i>	<i>106,053</i>	<i>106,052</i>	<i>106,054</i>	<i>106,052</i>	<i>106,053</i>	<i>106,054</i>	<i>106,055</i>	<i>106,054</i>
<i>106,057</i>	<i>106,056</i>	<i>106,056</i>	<i>106,058</i>	<i>106,055</i>	<i>106,057</i>	<i>106,058</i>	<i>106,057</i>	<i>106,057</i>
<i>106,055</i>	<i>106,053</i>	<i>106,053</i>	<i>106,055</i>	<i>106,053</i>	<i>106,054</i>	<i>106,055</i>	<i>106,055</i>	<i>106,055</i>
<i>106,046</i>	<i>106,045</i>	<i>106,045</i>	<i>106,045</i>	<i>106,045</i>	<i>106,045</i>	<i>106,047</i>	<i>106,047</i>	<i>106,047</i>

106,052 106,052 106,051 106,052 106,051 106,052 106,054 106,053 106,053
 106,054 106,054 106,053 106,054 106,052 106,054 106,055 106,054 106,053
 106,048 106,048 106,047 106,047 106,045 106,047 106,050 106,050 106,050
 106,058 106,058 106,057 106,056 106,056 106,058 106,059 106,059 106,057
 106,054 106,055 106,054 106,055 106,054 106,055 106,056 106,055 106,054
 106,057 106,057 106,056 106,058 106,055 106,059 106,057 106,057 106,057

Cálculo de RR pelo método das médias e amplitudes

- Cálculo da Repetitividade

Variância = 0,000001

Sigma E = 0,000768

VE = 0,000770

- Cálculo da Reprodutibilidade

Variância = 0,000000

Sigma A = 0,000000

VA = 0,000000

- Desvio Padrão do sistema da medição

Sigma M = 0,000770

RR = 0,000770

- Capacidade = Número de desvios * Sigma M / Tolerância =

Capacidade = 5,15 * 0,000770 / 0,034

Capacidade = 0,11663 (11,66%)

* Número de categorias de dados distintas(ndc) = 6,92182

Porcentagens:

Estudo	Tolerância
Peça a Peça	11,12 %
Repetitividade (VE)	2,26 %
Reprodutibilidade (VA)	0,00 %
RR	2,26 %

Sistema de medição capaz pela Tolerância

Critério :

Abaixo de 10 % de erro : Sistema de medição aceitável

10% a 30% de erro : Pode ser aceitável baseado na importância da aplicação, custo do dispositivo de medição, custos dos preparos, etc.

Acima de 30% de erro : O Sistema de medição precisa ser melhorado. Faça todos os esforços para identificar os problemas e corrigi-los.

Tolerância = 0,034

Desvios para calculo = 5,150

LSC r = 0,00

$LIC_r = ***$

Amplitudes fora dos limites de controle = 1 = 3,33 % do total de peças

$LSC_x = 106,05$

$LIC_x = 106,05$

Médias fora dos limites de controle = 20 = 66,67 % do total de peças

Cálculo de RR (%VE %VA)

Inspetor 01: Evandro

Media Leitura 01: 106,0534

Media Leitura 02: 106,0531

Media Leitura 03: 106,0524

$R_{01} = 0,001100$ $X_{01} = 106,052967$

Inspetor 02: Diogo

Media Leitura 01: 106,0534

Media Leitura 02: 106,0518

Media Leitura 03: 106,0534

$R_{02} = 0,001900$ $X_{02} = 106,052867$

Inspetor 03: Felix

Media Leitura 01: 106,0545

Media Leitura 02: 106,0542

Media Leitura 03: 106,0537

$R_{03} = 0,000900$ $X_{03} = 106,054133$

Tolerância = 0,034000

Varição do processo (6 sigmas) = 0,000000

$\bar{R}_T = 0,001300$

$R_x = 0,001200$

$VE = 0,00077$

$VA = 0,00000$

$R\&R = 0,00077$

$\%VE = 2,26 \%$

$\%VA = 0,00 \%$

$\%RR = 2,26 \%$

Numero de Desvios para calculo :5,15

Processo de medição Capaz

Critério :

Abaixo de 10 % de erro : Sistema de medição aceitável

10% a 30% de erro : Pode ser aceitável baseado na importância da aplicação, custo do dispositivo de medição, custos dos preparos, etc.

Acima de 30% de erro : O Sistema de medição precisa ser melhorado. Faça todos os esforços para identificar os problemas e corrigi-los.

O Quadro 4.1 traz um resumo geral dos resultados obtidos nos estudos de cada instrumento:

Quadro 4.1 Resultados do Estudo de MSA

Cód. Instrum.	R&R	Tendência	Linearidade	Estabilidade	Aceitável
CBM0003	2,26%	1,18%	0,266486%	Ok	SIM
SUB0017	3,10%	1,43%	0,535066%	Ok	SIM

Como pode se observar no resumo dos resultados das análises do sistema de medição, os instrumentos estão comprovadamente aptos a medir as respectivas características, já que atendem aos padrões de tolerância para o R&R, Tendência, Linearidade e Estabilidade.

4.6. Coleta de Dados – 1ª Amostra

O principal objetivo da coleta de dados inicial, é identificar se o processo possui uma distribuição normal de probabilidades. Com este intuito foi definida a quantidade de 50 peças divididas em 10 subgrupos de 5 peças. Nesta primeira amostra foi possível verificar se estavam presentes causas comuns e causas especiais de variação. Identificá-las e eliminá-las.

Os dados foram coletados através de uma Folha de Verificação, onde os operadores registravam a medida encontrada na medição de determinada característica.

Segue abaixo as medidas coletadas para os Diâmetros:

- 106p7 ou 106,055 ($\pm 0,017$).
- 20H7 ou 20,010 ($\pm 0,010$) (1)
- 20H7 ou 20,010 ($\pm 0,010$) (2)

São apresentados os respectivos valores coletados e a média e amplitude de cada subgrupo calculados conforme o formulário apresentado na introdução teórica:

Quadro 4.2 - Ø 106p7 Valores Coletados

	1	2	3	4	5
X1	106,049	106,044	106,046	106,042	106,047
X2	106,049	106,040	106,053	106,045	106,052
X3	106,056	106,054	106,052	106,054	106,046
X4	106,045	106,047	106,052	106,062	106,046
X5	106,052	106,045	106,046	106,041	106,047
Xbar	106,050	106,046	106,050	106,049	106,048
R	0,011	0,014	0,007	0,021	0,006

	6	7	8	9	10
X1	106,064	106,046	106,054	106,044	106,048
X2	106,053	106,040	106,054	106,045	106,048
X3	106,041	106,052	106,047	106,046	106,044
X4	106,045	106,051	106,048	106,047	106,046
X5	106,052	106,052	106,051	106,054	106,046
Xbar	106,051	106,048	106,051	106,047	106,046
R	0,023	0,012	0,007	0,010	0,004

Quadro 4.3 - Ø 20H7 (1) Valores Coletados

	1	2	3	4	5
X1	20,006	20,009	20,004	20,005	20,002
X2	20,007	20,005	20,008	20,014	20,010
X3	20,008	20,000	20,013	20,008	20,010
X4	20,015	20,007	20,009	20,006	20,007
X5	20,007	20,009	20,001	20,006	20,005
Xbar	20,009	20,006	20,007	20,008	20,007
R	0,009	0,009	0,012	0,009	0,008
	6	7	8	9	10
X1	20,015	20,006	20,006	20,006	20,010
X2	20,014	20,005	20,016	20,003	20,004
X3	20,014	20,012	20,007	20,008	20,006
X4	20,010	20,004	20,001	20,005	20,000
X5	20,010	20,014	20,008	20,001	20,005
Xbar	20,013	20,008	20,008	20,005	20,005
R	0,005	0,010	0,015	0,007	0,010

Quadro 4.4 - Ø 20H7 (2) Valores Coletados

	1	2	3	4	5
X1	20,005	20,010	20,004	20,004	20,005
X2	20,010	20,006	20,008	20,008	20,008
X3	20,005	20,004	20,013	20,010	20,009
X4	20,010	20,007	20,009	20,003	20,004
X5	20,005	20,008	20,004	20,005	20,002
Xbar	20,007	20,007	20,008	20,006	20,006
R	0,005	0,006	0,009	0,007	0,007

	6	7	8	9	10
X1	20,018	20,004	20,007	20,006	20,004
X2	20,015	20,006	20,018	20,002	20,005
X3	20,011	20,012	20,005	20,013	20,007
X4	20,009	20,006	20,002	20,002	20,002
X5	20,006	20,009	20,004	20,002	20,005
Xbar	20,012	20,007	20,007	20,005	20,005
R	0,009	0,008	0,016	0,011	0,005

Após a coleta de dados e o cálculo das Médias e Amplitudes dos Subgrupos foram calculados a Média, a Amplitude e os Limites de Controle da Amostra conforme apresentado abaixo:

Ø160p7

$$\bar{X} = 106,0486 \quad \bar{R} = 0,0115$$

$$LSC \bar{X} = 106,0552 \quad LSC R = 0,0243$$

$$LIC \bar{X} = 106,0420 \quad LSC R = \text{-----}$$

Ø20H7 (1)

$$\bar{X} = 20,0076 \quad \bar{R} = 0,0094$$

$$LSC \bar{X} = 20,0130 \quad LSC R = 0,0199$$

$$LIC \bar{X} = 20,0022 \quad LSC R = \text{-----}$$

Ø20H7 (2)

$\bar{X} = 20,0070$ $\bar{R} = 0,0083$

LSC $\bar{X} = 20,0118$ LSC R = 0,0175

LIC $\bar{X} = 20,0022$ LSC R = -----

Calculados os Limites de Controle, o passo seguinte foi a montagem do Histograma e das Cartas de Controle a fim de verificar a distribuição das amostras e a presença de causas comuns e especiais no processo.

Na seqüência são apresentados os Histogramas e as Cartas de Controle \bar{X} /R dos três grupos de dados coletados na primeira amostra. Os gráficos foram extraídos do Software WinCep da VTB Consultoria e Treinamento.

As Figuras 4.2, 4.3 e 4.4 representam os dados coletados para o Ø106p7 respectivamente no histograma, na carta das médias e na carta das amplitudes. Em seguida as Figuras 4.5, 4.6 e 4.7 representam os gráficos na mesma seqüência dos anteriores para o Ø20H7 (1) e as Figuras 4.8, 4.9 e 4.10 os respectivos gráficos para o Ø20H7 (2).

Através dos gráficos originados foi possível ter uma noção da circunstância atual do processo e identificar as causas que o faziam agir de determinadas maneiras. A primeira coleta de dados não tem o intuito de avaliar e analisar a capacidade do processo por isso estes estudos não serão apresentados nem comentados. Segue abaixo de cada seqüência de gráficos uma apresentação de forma resumida do que se pôde observar através das figuras 4.2 a 4.10.

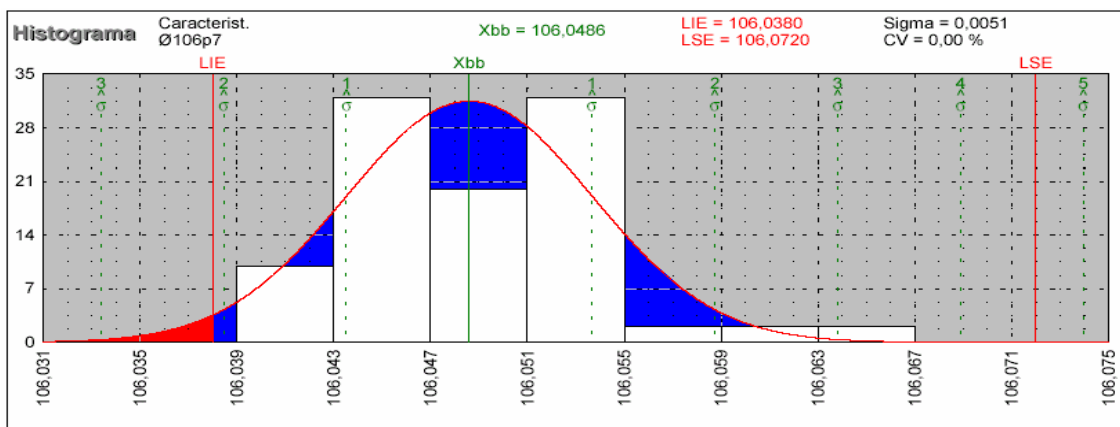


Figura 4.2 Histograma para o Ø106p7

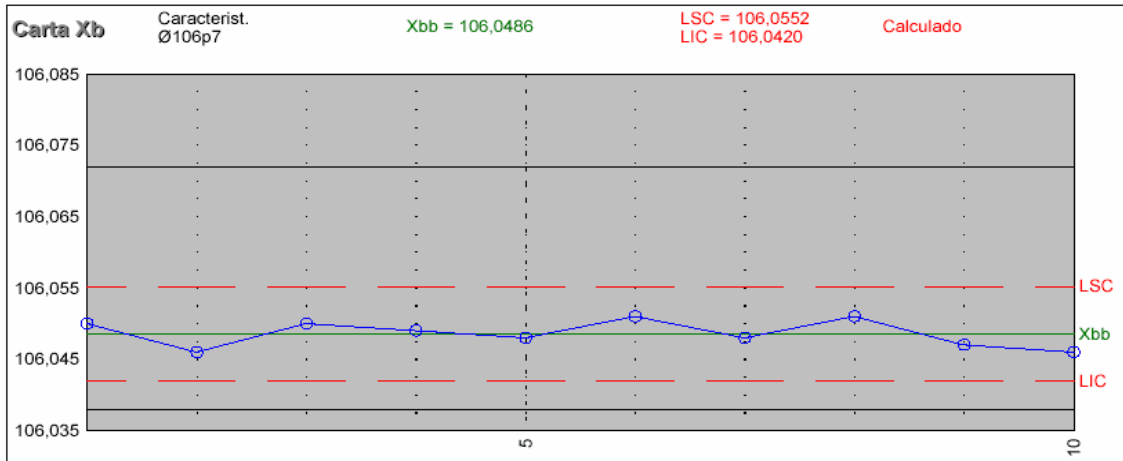


Figura 4.3 Carta das Médias para o Ø106p7

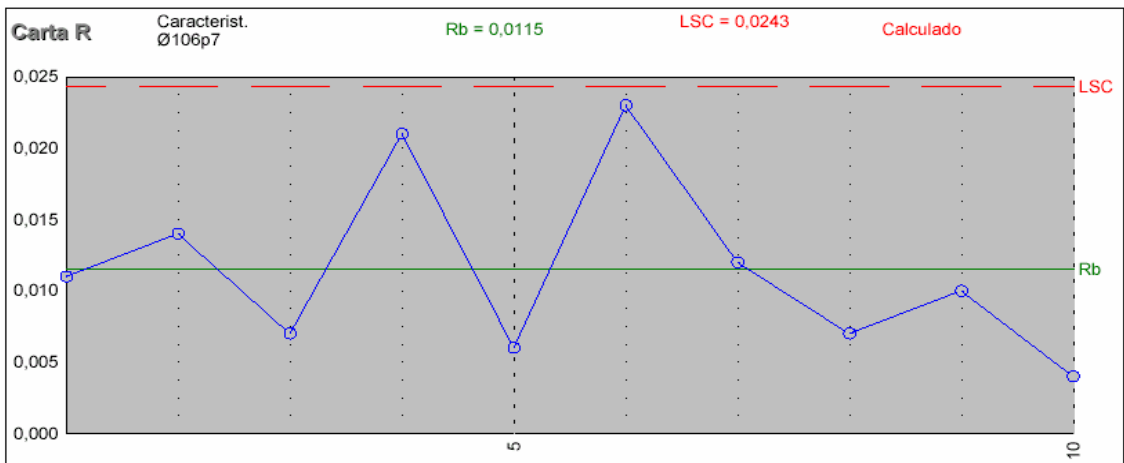


Figura 4.4 Carta das Amplitudes para o Ø106p7

- Ø106p7: Seu histograma apresentou uma distribuição satisfatória, com todas as medidas dentro dos limites de controle, porém não centralizada, evidenciando uma proximidade das medidas do limite inferior de controle. As cartas de médias e amplitudes também se mostraram satisfatórias, porém a carta das médias também deixa clara a descentralização do processo. Neste caso ficou evidente que o processo estava sendo influenciado por causas comuns

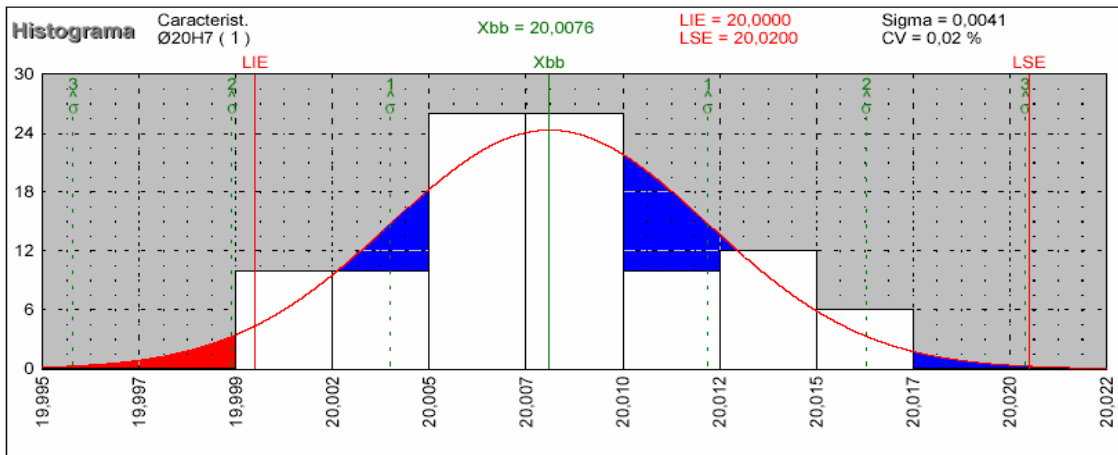


Figura 4.5 Histograma para o Ø20H7 (1)

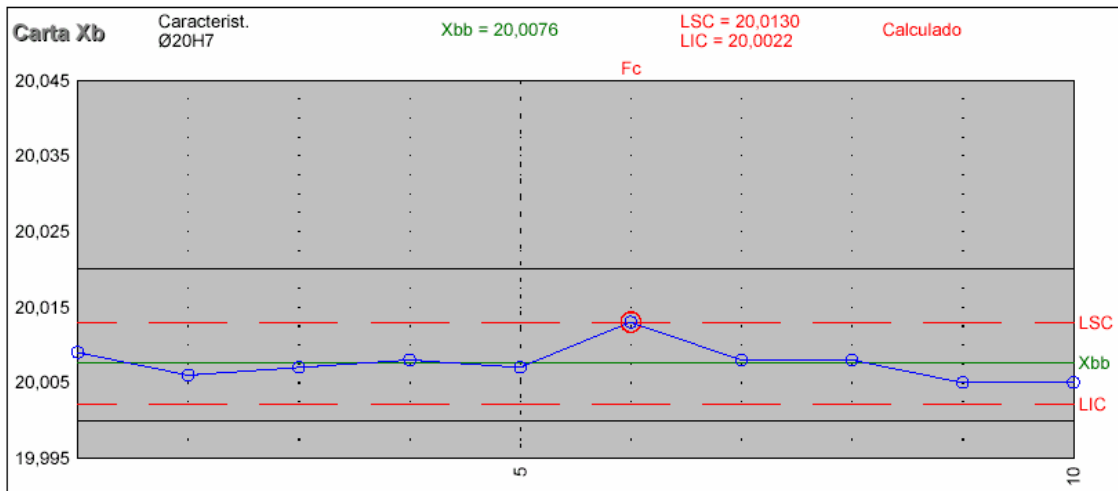


Figura 4.6 Carta das Médias para o Ø20H7 (1)

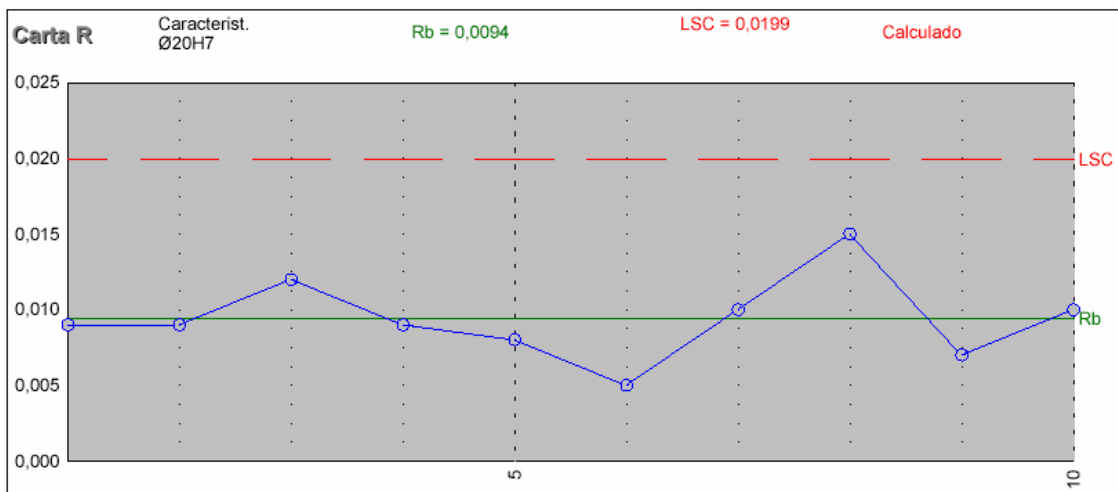


Figura 4.7 Carta das Amplitudes para o Ø20H7 (1)

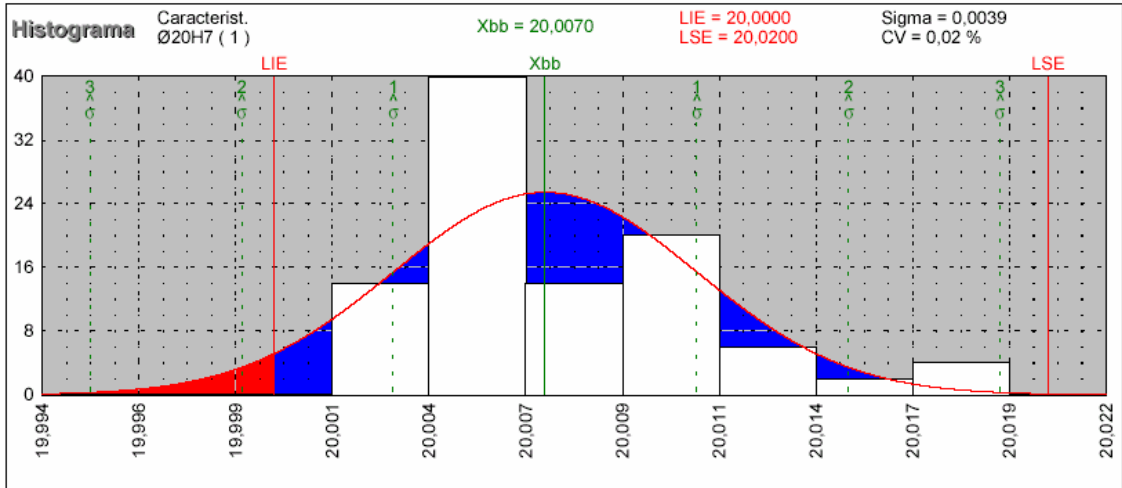


Figura 4.8 Histograma para o Ø20H7 (2)

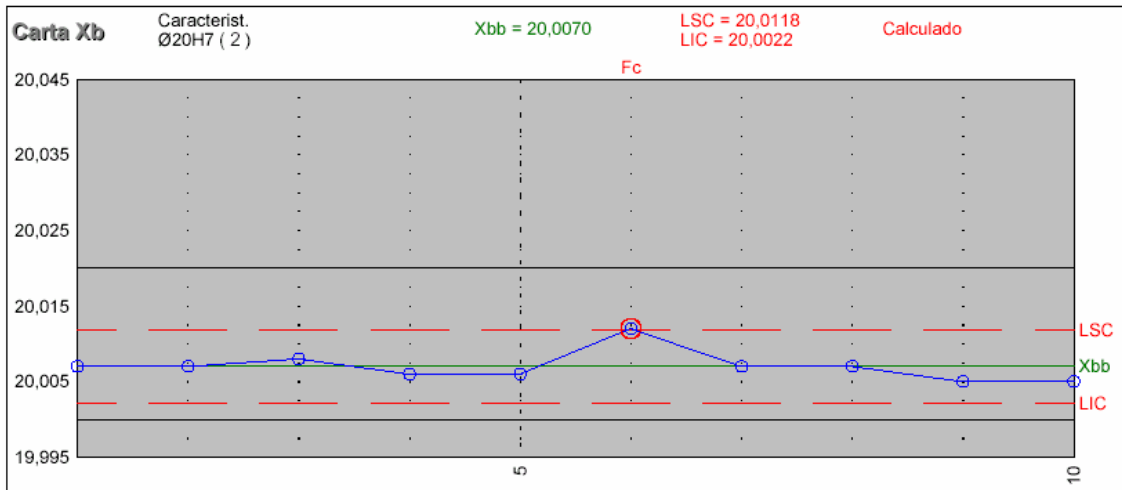


Figura 4.9 Carta das Médias para o Ø20H7 (2)

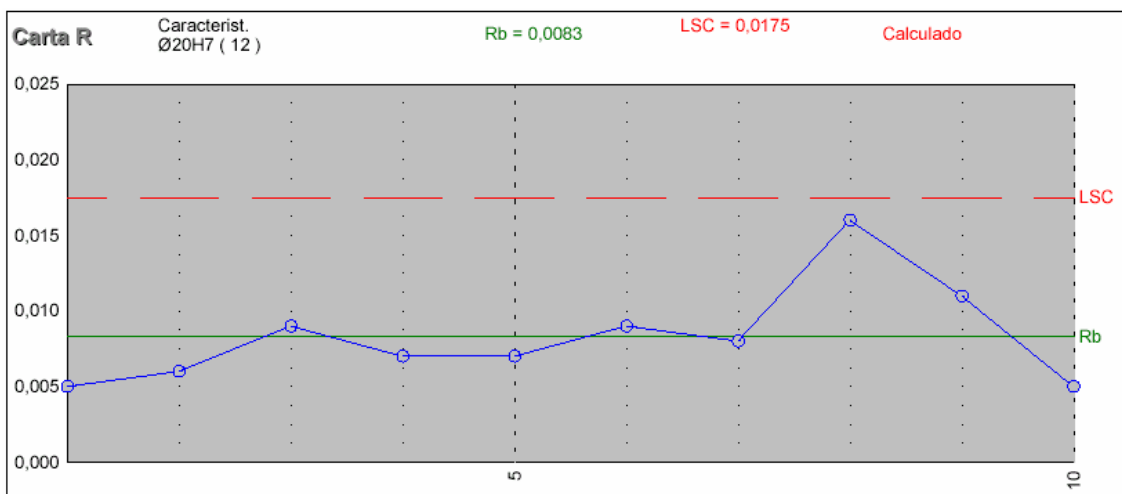


Figura 4.10 Carta das Amplitudes para o Ø20H7 (2)

- Ø20H7 (1 e 2): Os histogramas apresentaram uma distribuição normal, porém devido a amplitude elevada e a presença de causas especiais as médias não se concentraram somente dentro dos limites de controle, como pode ser observado nos gráficos das médias.

4.7. Identificação das causas comuns e causas especiais através de um *brainstorming*

Após a primeira coleta de dados, ficou claro pelos pontos fora dos limites de controle, que o processo não se apresentava estável nem capaz, por isso, foi decidido fazer uma reunião multifuncional com todas as pessoas envolvidas no processo, a fim de se identificar às causas que estavam agindo sobre o processo.

Esta reunião se deu através de um *brainstorming* onde foram levantadas várias causas potenciais de não conformidades, apresentadas a seguir através da Figura 4.11, um diagrama de Ishikawa, ou diagrama de espinha de peixe.

Neste Diagrama foram apresentadas somente as causas especiais de variação, que serão os alvos a serem atacados na busca da estabilização do processo.

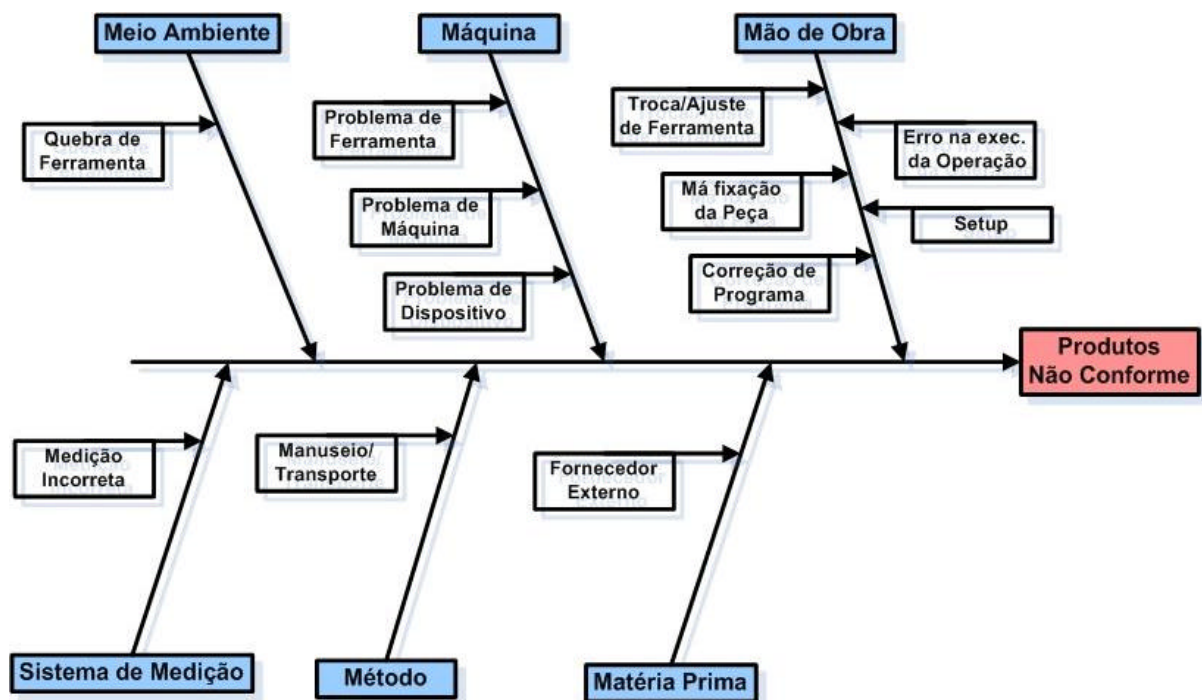


Figura 4.11 Diagrama de Ishikawa

4.8. Elaboração do Diagrama de Pareto

Identificadas as causas, através do brainstorming e do diagrama de Ishikawa, foi utilizado o banco de dados do software de Controle de Não Conformidades para, através do histórico, quantificar a ocorrência destas causas e definir o plano de ação para a eliminação das mesmas. Os dados obtidos no banco de dados do software de controle de produtos não conforme serão apresentados através de um Diagrama de Pareto, que teve o intuito de evidenciar as causas mais relevantes para dar início ao plano de ação.

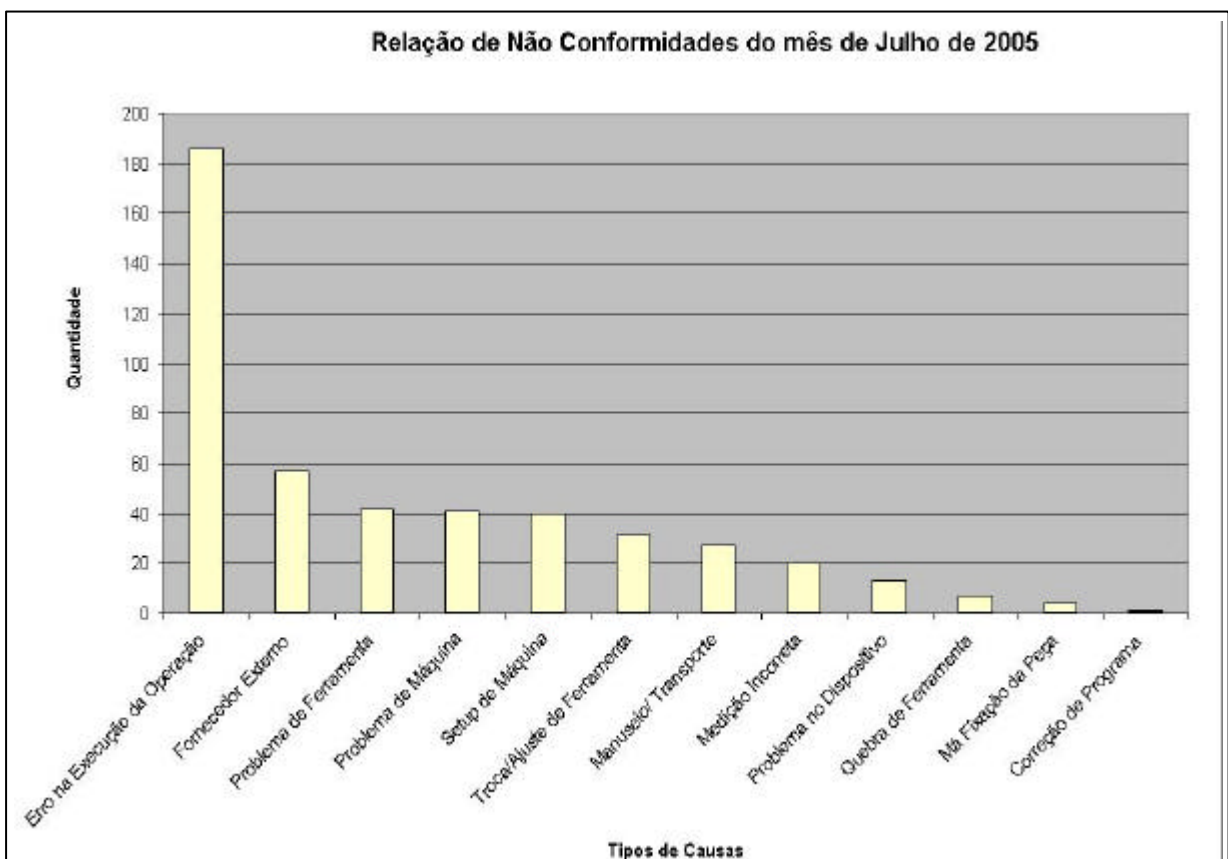


Figura 4.12 Diagrama de Pareto

4.9. Elaboração do Plano de Ação

Foi decidido elaborar três planos de ação distintos na tentativa de eliminar as três principais causas de não-conformidades. Todos eles foram delegados a uma equipe multifuncional que chegou a solução dos problemas através de reuniões de Brainstorming e de ferramentas como 5W2H e Ciclo PDCA de Melhoria.

- Erro na Execução da Operação: Foi decidido combater esta causa através de um maior investimento em treinamento operacional, esclarecendo e orientando os operadores sobre a maneira correta de operar a máquina, seguindo as instruções de trabalho e planos de controle.
- Fornecedor Externo: Esta causa foi eliminada através da substituição de determinados fornecedores que vinham deixando a desejar quanto à qualidade da matéria prima fornecida.
- Problemas na Ferramenta: Neste caso foi identificada uma ferramenta específica, uma barra de mandrilar que usinava os Ø20H7 vinha trazendo problemas durante a operação, pois vibrava muito por se tratar de uma ferramenta adaptada e não mantinha as medidas dentro da especificação. Esta foi substituída por uma barra mais rígida e sem adaptações.

A cada plano de ação concluído, já se notava uma melhora significativa no processo, e concluídos os três, partiu-se para um novo estudo com um o intuito de evidenciar as mudanças na qualidade e confiabilidade do processo. A próxima etapa traz estes estudos, mostra os resultados obtidos e as conclusões.

4.10. Coleta de Dados – Segunda Amostra

O principal objetivo da segunda coleta de dados foi verificar as mudanças no processo em virtude das alterações provocadas pelos planos de ação, e checar se estas alterações foram eficazes.

Para a nova coleta dados foi elaborada uma carta de controle e um diário de bordo a fim de facilitar o trabalho dos operadores. A carta de controle é para valores individuais, ou seja, a cada peça que o operador mede dentro de uma frequência determinada, registra o valor na carta, sem ter que calcular a média e amplitude da amostra coletada. Sendo assim, em uma amostra com subgrupo de tamanho 5, o operador registraria os 5 valores na carta. O formato da carta favorece o operador no sentido de visualizar a distribuição das medidas na amostra, se estão com uma amplitude muito grande, se estão apresentando tendências, ou se estão com dados fora dos limites de controle. Os limites de Controle apresentados na carta refletem a região em que as medidas deveriam estar variando para que se pudesse atingir a capacidade desejada. O Anexo C é apresentado o modelo proposto de carta de controle. O diário de bordo

é uma planilha que acompanha a carta de controle, nele serão registrados os desvios do processo e as causas deste desvio. No caso do diário de bordo também se teve a intenção de facilitar o trabalho do operador, deixando a cargo dele, apenas identificar a causa de variação e registrar para a posterior análise. O Anexo D é apresentado o modelo proposto do diário de bordo.

Registrados os dados, a etapa seguinte é a elaboração do Histograma e das Cartas de Médias e Amplitudes, para isto usa-se um software estatístico que faz todos os cálculos, análises, apresenta os gráficos e avalia a estabilidade e capacidade do processo. Para o estudo foram coletadas, assim como na primeira etapa, 50 amostras divididas em subgrupos de tamanho 5. Na seqüência serão apresentados os dados coletados e as respectivas médias e amplitudes de cada característica.

Quadro 4.5 - Ø 106p7 Valores Coletados

	1	2	3	4	5
X1	106,057	106,057	106,055	106,055	106,063
X2	106,058	106,059	106,052	106,057	106,061
X3	106,055	106,053	106,055	106,057	106,056
X4	106,053	106,061	106,055	106,058	106,056
X5	106,053	106,053	106,053	106,057	106,055
Xbar	106,055	106,057	106,054	106,057	106,058
R	0,005	0,008	0,003	0,003	0,008

	6	7	8	9	10
X1	106,057	106,060	106,058	106,057	106,056
X2	106,056	106,058	106,057	106,057	106,058
X3	106,055	106,055	106,066	106,055	106,055
X4	106,055	106,057	106,058	106,058	106,057
X5	106,055	106,057	106,056	106,056	106,056
Xbar	106,056	106,057	106,059	106,057	106,056
R	0,002	0,005	0,009	0,003	0,003

Quadro 4.6 - Ø20H7 (1) Valores Coletados

	1	2	3	4	5
X1	20,012	20,009	20,005	20,013	20,013
X2	20,012	20,007	20,016	20,012	20,014
X3	20,007	20,015	20,015	20,009	20,007
X4	20,008	20,012	20,012	20,011	20,006
X5	20,014	20,011	20,011	20,009	20,010
Xbar	20,011	20,011	20,012	20,011	20,010
R	0,007	0,008	0,011	0,004	0,008

	6	7	8	9	10
X1	20,009	20,011	20,011	20,008	20,010
X2	20,007	20,009	20,009	20,007	20,010
X3	20,007	20,011	20,005	20,009	20,010
X4	20,012	20,011	20,009	20,009	20,010
X5	20,013	20,011	20,009	20,010	20,010
Xbar	20,010	20,011	20,009	20,009	20,010
R	0,006	0,002	0,006	0,003	0,000

Quadro 4.7 - Ø20H7 (2) Valores Coletados

	1	2	3	4	5
X1	20,009	20,006	20,010	20,009	20,009
X2	20,009	20,005	20,013	20,014	20,011
X3	20,008	20,012	20,011	20,012	20,011
X4	20,009	20,009	20,014	20,008	20,007
X5	20,010	20,008	20,013	20,008	20,009
Xbar	20,009	20,008	20,012	20,010	20,009
R	0,002	0,007	0,004	0,006	0,004

	6	7	8	9	10
X1	20,012	20,010	20,011	20,007	20,013
X2	20,010	20,014	20,012	20,006	20,010
X3	20,009	20,013	20,009	20,005	20,012
X4	20,008	20,009	20,007	20,007	20,009
X5	20,011	20,009	20,005	20,010	20,010
Xbar	20,010	20,011	20,009	20,007	20,011
R	0,004	0,005	0,007	0,005	0,004

Agora são apresentadas as médias, amplitudes e os limites de controle da amostra.

Ø106p7

$$\bar{X} = 106.0566 \quad \bar{R} = 0.0049$$

$$LSC \bar{X} = 106.0594 \quad LSC R = 0.0104$$

$$LIC \bar{X} = 106.0538 \quad LSC R = \text{-----}$$

Ø20h7 (1)

$$\bar{X} = 20.0104 \quad \bar{R} = 0.0055$$

$$LSC \bar{X} = 20.0136 \quad LSC R = 0.0116$$

$$LIC \bar{X} = 20.0072 \quad LSC R = \text{-----}$$

Ø20h7 (2)

$$\bar{X} = 20.0096 \quad \bar{R} = 0.0048$$

$$LSC \bar{X} = 20.0124 \quad LSC R = 0.0101$$

$$LIC \bar{X} = 20.0068 \quad LSC R = \text{-----}$$

Na seqüência aparecem as Figuras de 4.13 a 4.21 representando os respectivos gráficos do histograma, das médias e das amplitudes para os diâmetros de 106p7, 20H7 (1) e 20H7 (2).

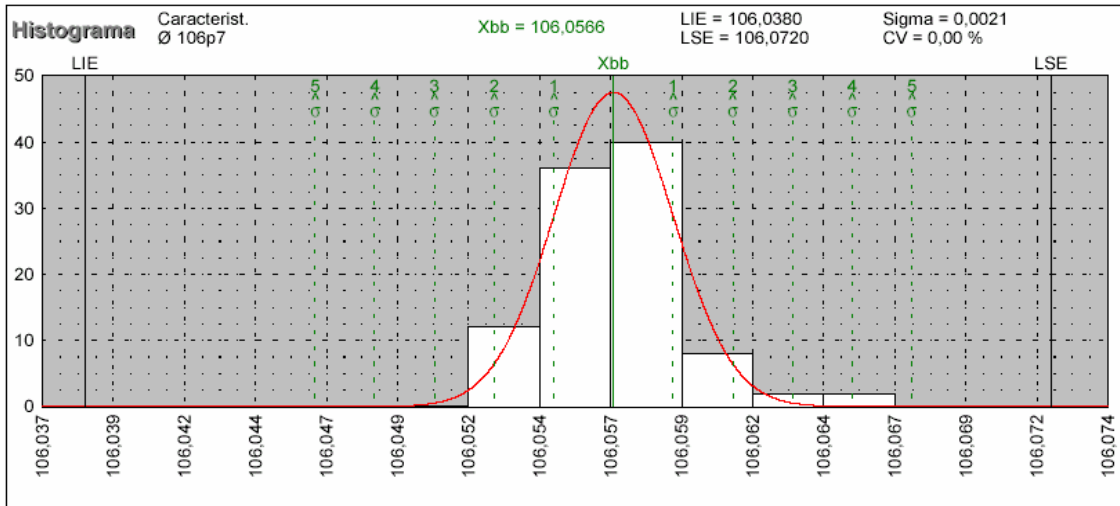


Figura 4.13 Histograma Ø106p7

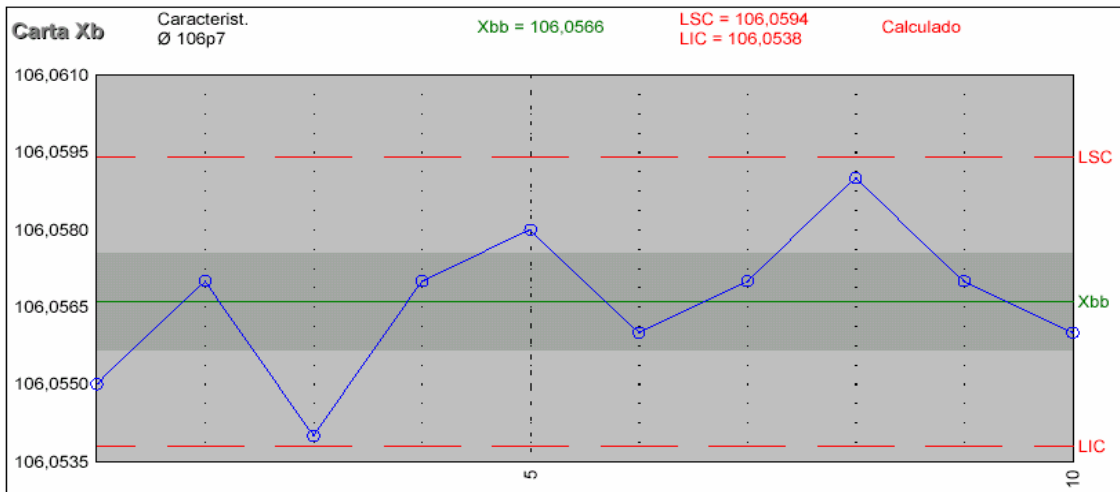


Figura 4.14 Carta das Médias Ø106p7

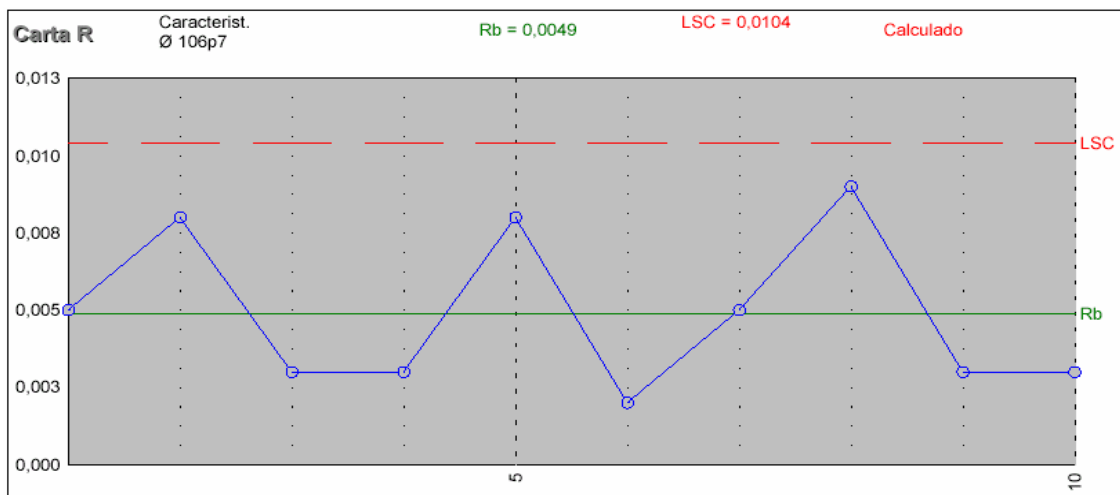


Figura 4.15 Carta das Amplitudes Ø106p7

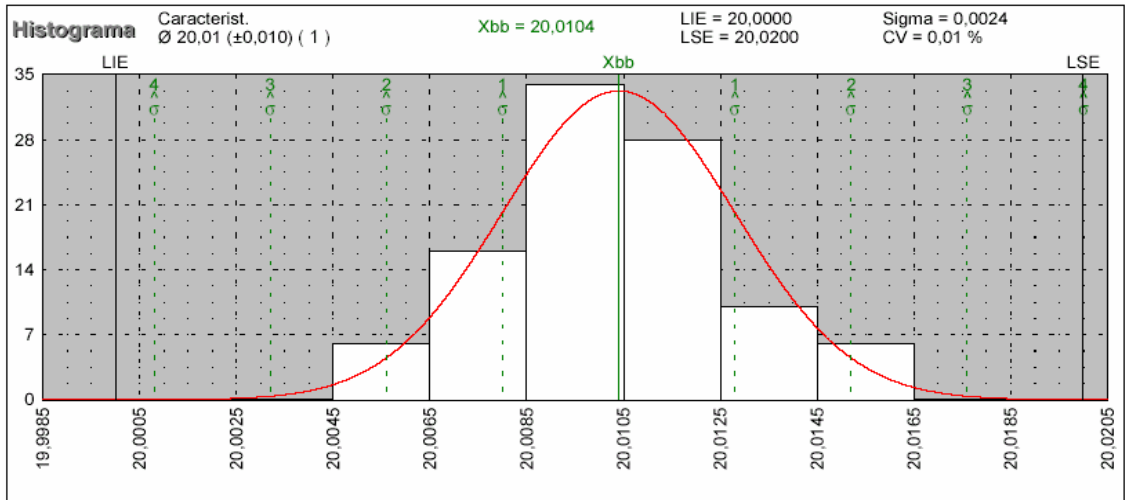


Figura 4.16 Histograma Ø20H7 (1)

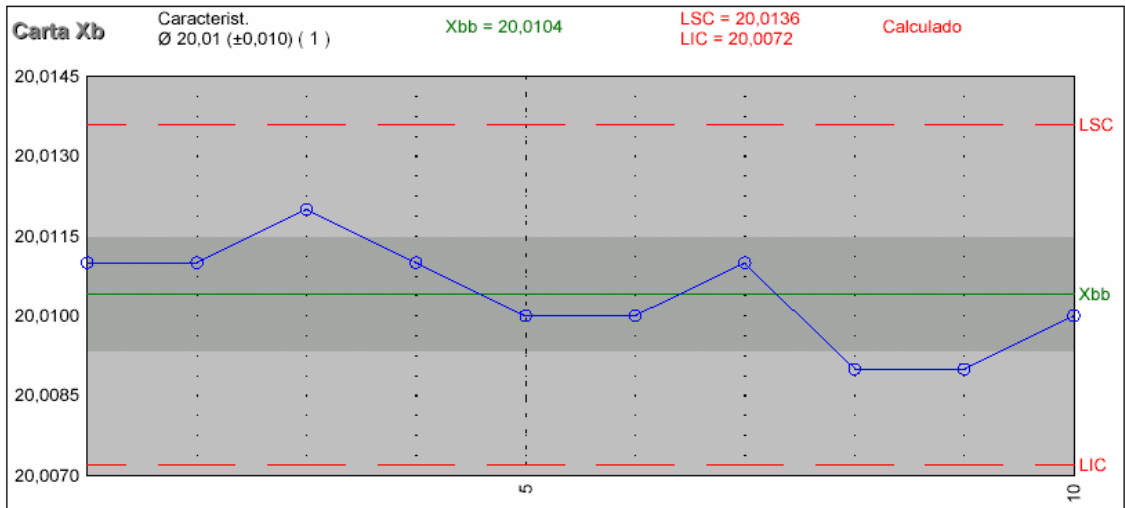


Figura 4.17 Carta das Médias Ø20H7 (1)

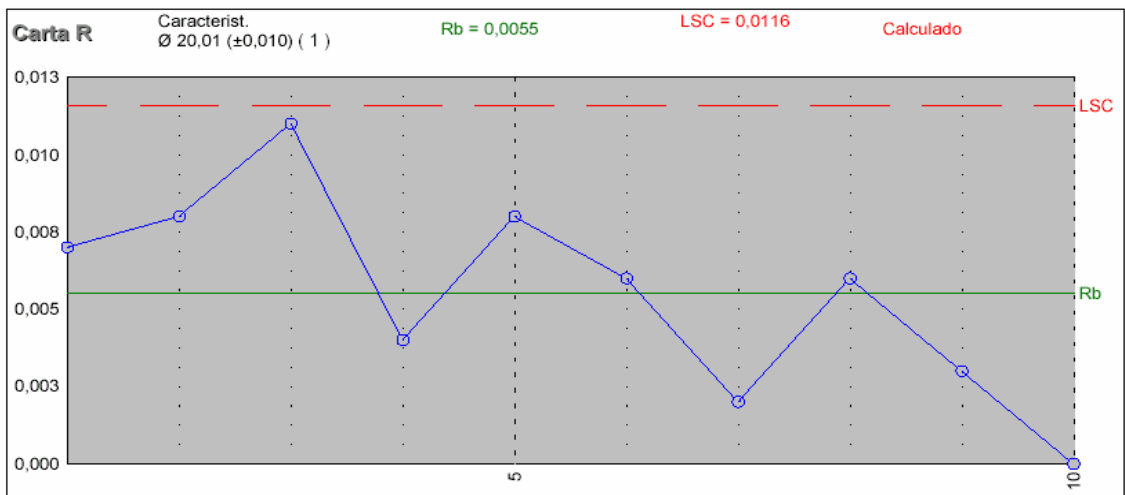


Figura 4.18 Carta das Amplitudes Ø20H7 (1)

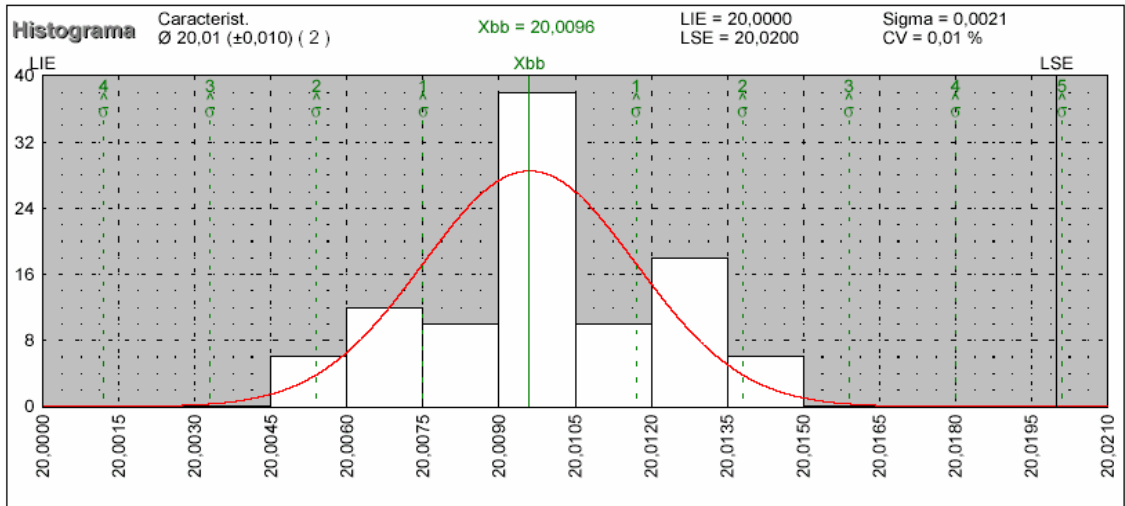


Figura 4.19 Histograma Ø20H7 (2)

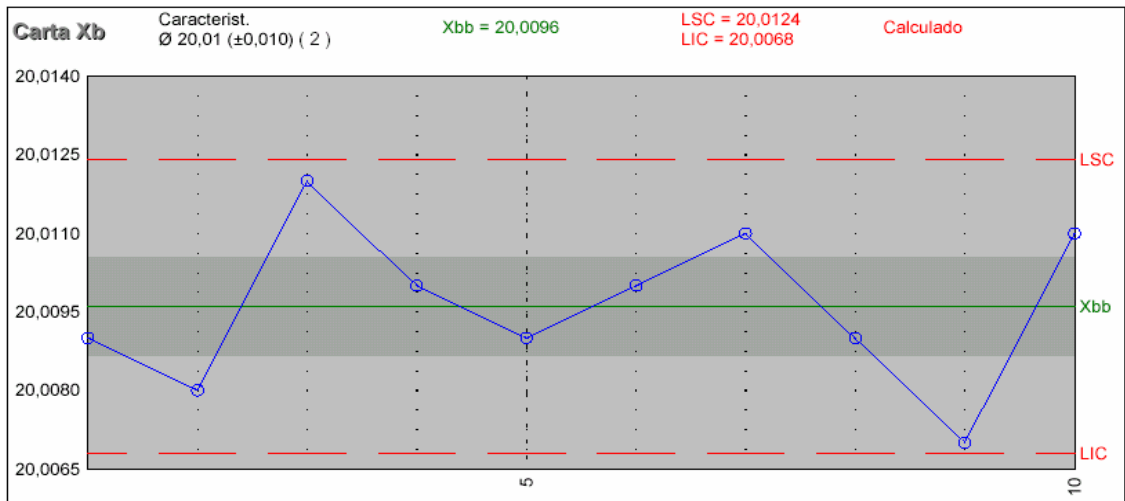


Figura 4.20 Carta das Médias Ø20H7 (2)

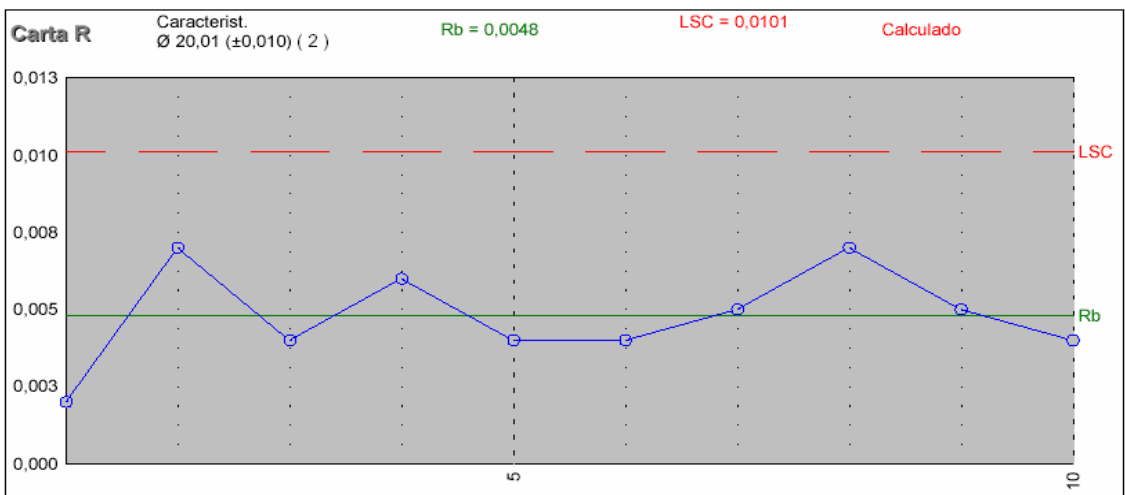


Figura 4.21 Carta das Amplitudes Ø20H7 (2)

4.11. Cálculo da Capabilidade do Processo

A seguir são apresentados os dados e os resultados dos cálculos da capacidade e da capabilidade do processo após as mudanças.

Ø106p7

Limites de especificação de engenharia

LSE : 106.072

LIE : 106.038

X barbar : 106.0566

Desvio Padrão : $Rbar/d2$: 0.0021

Capacidade Potencial do Processo $\Rightarrow Cp = 2.698$

Índice de Capacidade de Desempenho do Processo $\Rightarrow Cpk = 2.444$

Processo Capaz

Ø20H7 (1)

Limites de especificação de engenharia

LSE : 20.020

LIE : 20.000

X barbar : 20.0104

Desvio Padrão : $Rbar/d2$: 0.0024

Capacidade Potencial do Processo $\Rightarrow Cp = 1.389$

Índice de Capacidade de Desempenho do Processo $\Rightarrow Cpk = 1.333$

Processo Capaz

Ø20H7 (2)

Limites de especificação de engenharia

LSE : 20.020

LIE : 20.000

X barbar : 20.0096

Desvio Padrão : $Rbar/d2$: 0.0021

Capacidade Potencial do Processo => $Cp = 1.587$

Índice de Capacidade de Desempenho do Processo => $Cpk = 1.524$

Processo Capaz**4.12. Comparativo do desempenho**

Como forma de melhor evidenciar a melhoria no processo, as figuras seguintes mostram os dados da primeira e segunda amostras agrupados no mesmo gráfico. Os dez primeiros pontos correspondem ao primeiro grupo de dados e os dez seguintes ao segundo. Através das figuras fica fácil perceber a significativa melhora no processo e já dá para se imaginar os benefícios que esta melhora trouxe para a organização. As figuras 5.1 e 5.2 correspondem à carta das médias e amplitudes, respectivamente, do Ø106p7. As figuras 5.3 e 5.4 correspondem às mesmas cartas para o Ø20H7 (1) e as figuras 5.5 e 5.6 para o Ø20H7.

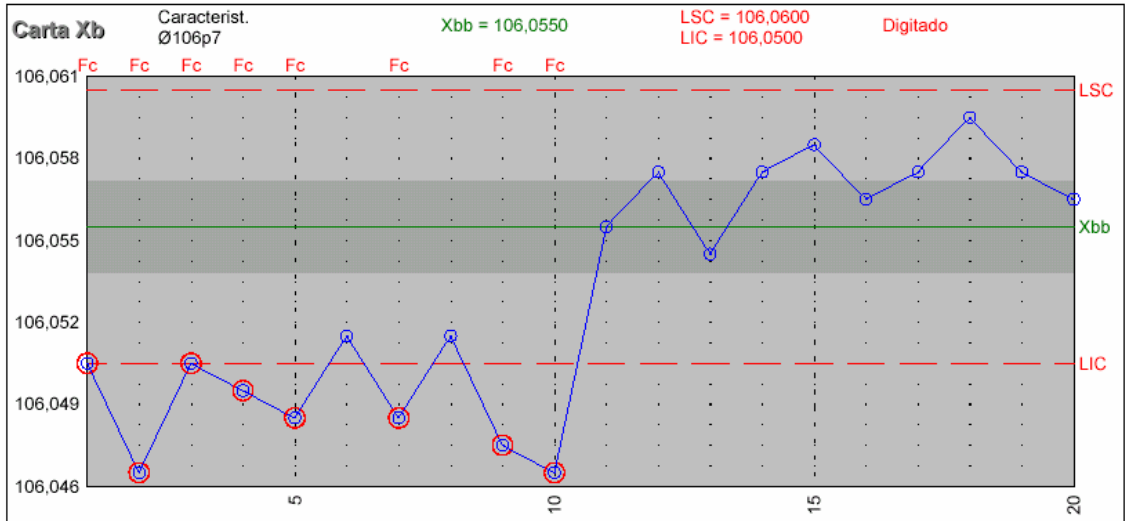


Figura 4.22 Carta Comparativa das Médias da Primeira e Segunda Amostras para o Ø106p7

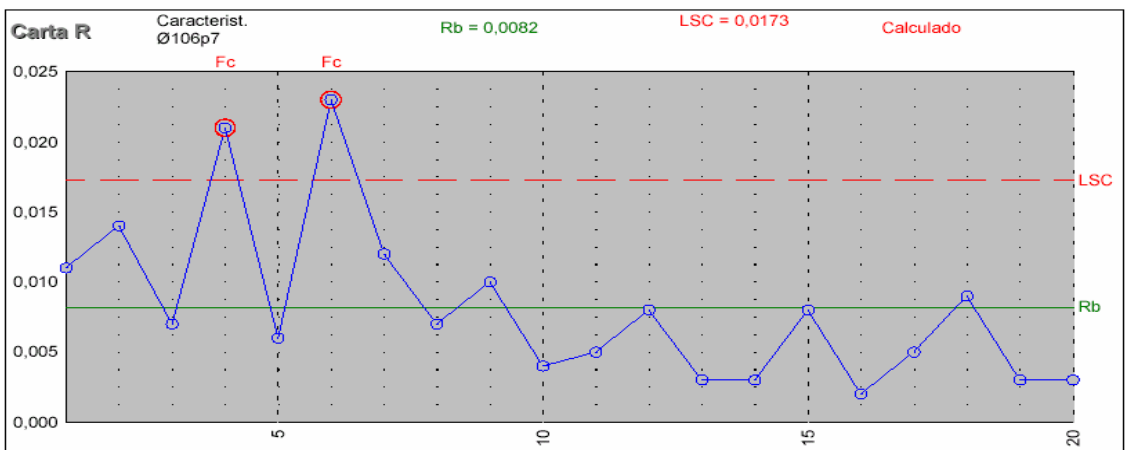


Figura 4.23 Carta Comparativa das Amplitudes da Primeira e Segunda Amostras para o Ø106p7

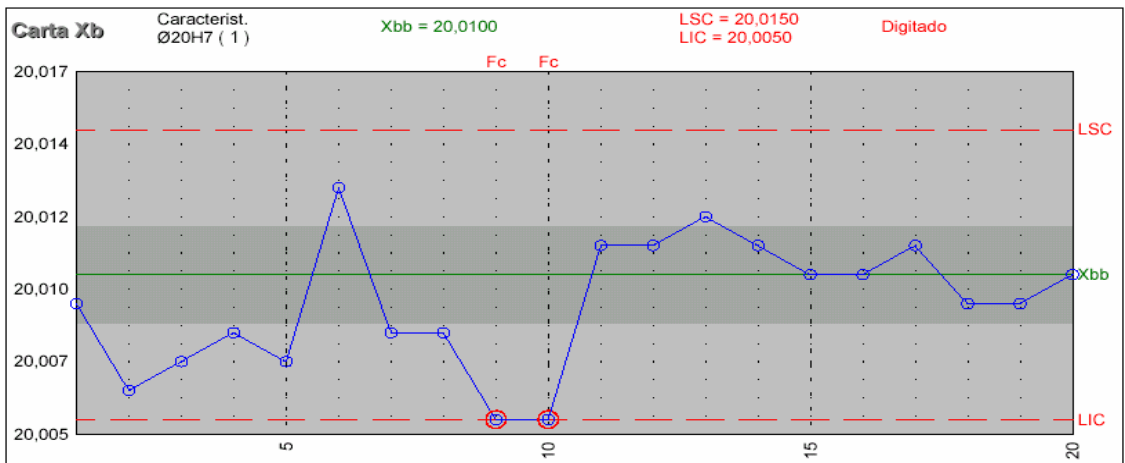


Figura 4.24 Carta Comparativa das Médias da Primeira e Segunda Amostras para o Ø20H7 (1)

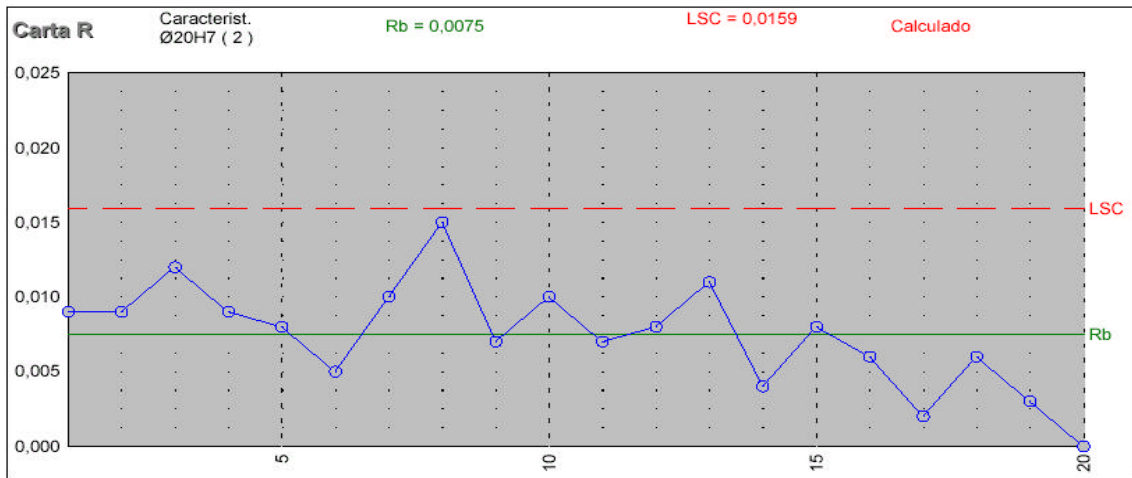


Figura 4.25 Carta Comparativa das Amplitudes a Primeira e Segunda Amostras para o Ø20H7(1)

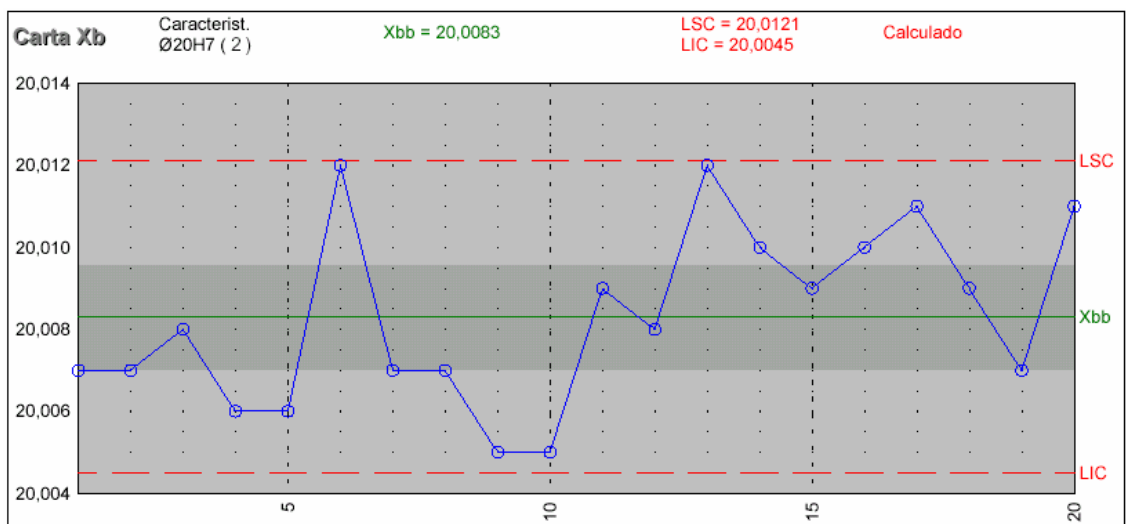


Figura 4.26 Carta Comparativa das Médias da Primeira e Segunda Amostras para o Ø20H7 (2)

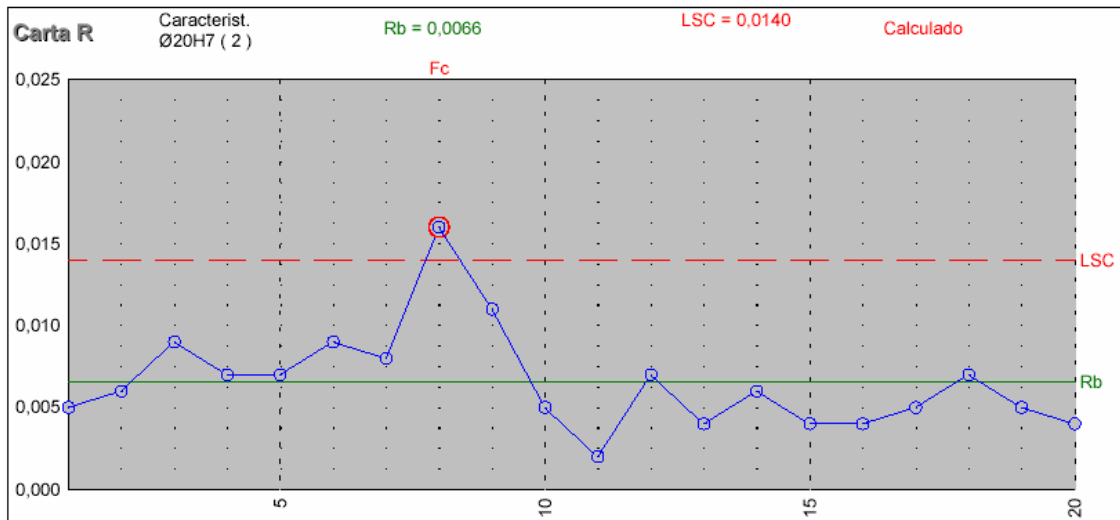


Figura 4.27 Carta Comparativa das Amplitudes da Primeira e Segunda Amostras para o Ø20H7(2)

4.13. Indicativos de desempenho

Os resultados para a organização podem ser considerados como satisfatórios, os gráficos a seguir representam os indicadores de desempenho da empresa no período de três meses, julho, agosto e setembro. A implantação efetiva do Controle Estatístico de Processos se deu no mês de agosto gerando os resultados observados no mês de setembro. Através dos indicadores pôde se observar uma queda insignificante no volume de produção, uma queda significativa no número de peças defeituosa, uma redução nos custos com a não qualidade, e quedas significantes nas quantidades de peças retrabalhadas, refugadas ou selecionadas.

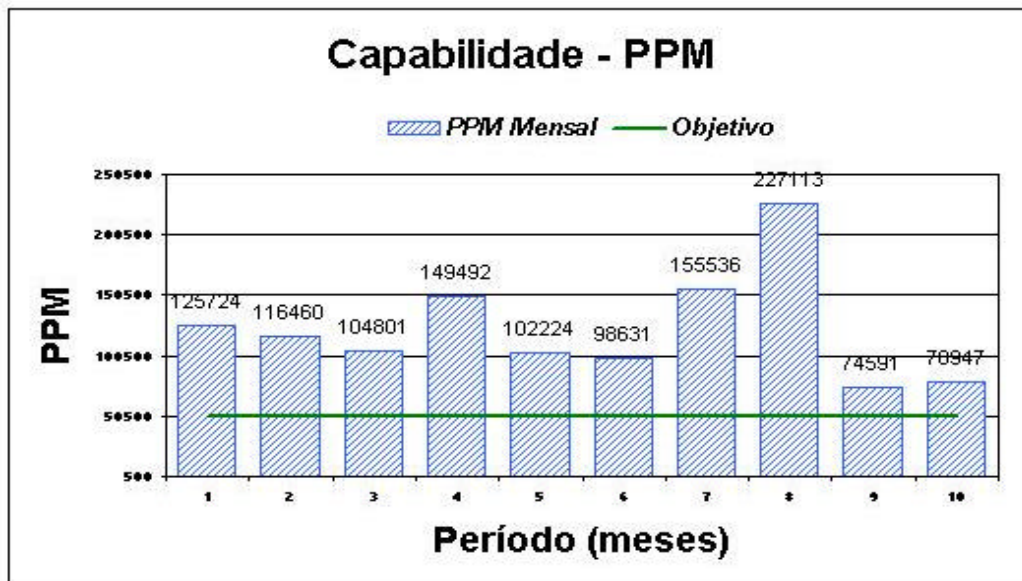


Figura 4.28 Indicativo da quantidade de peças defeituosas por milhão

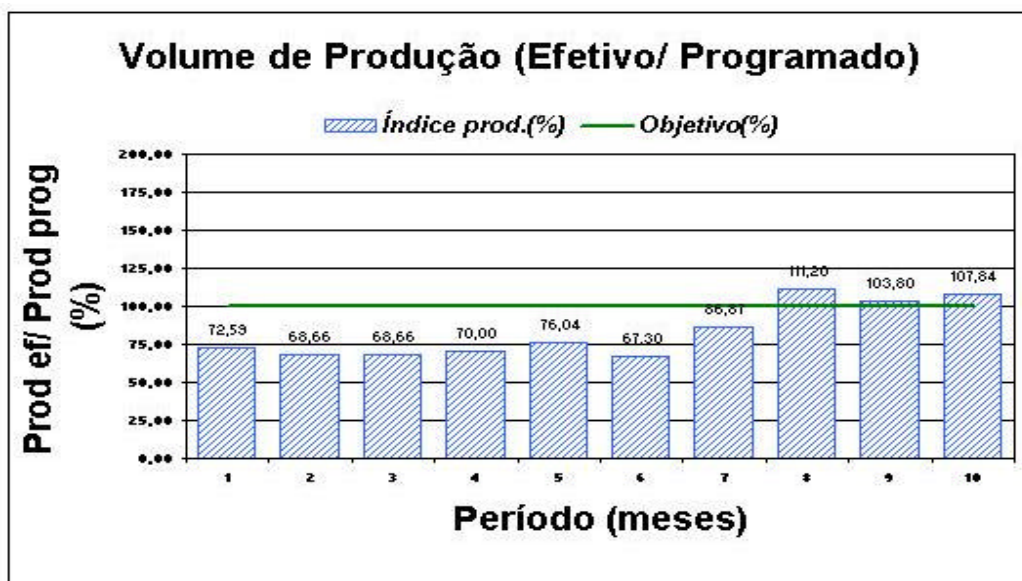


Figura 4.29 Indicativo do Volume de Produção Mensal

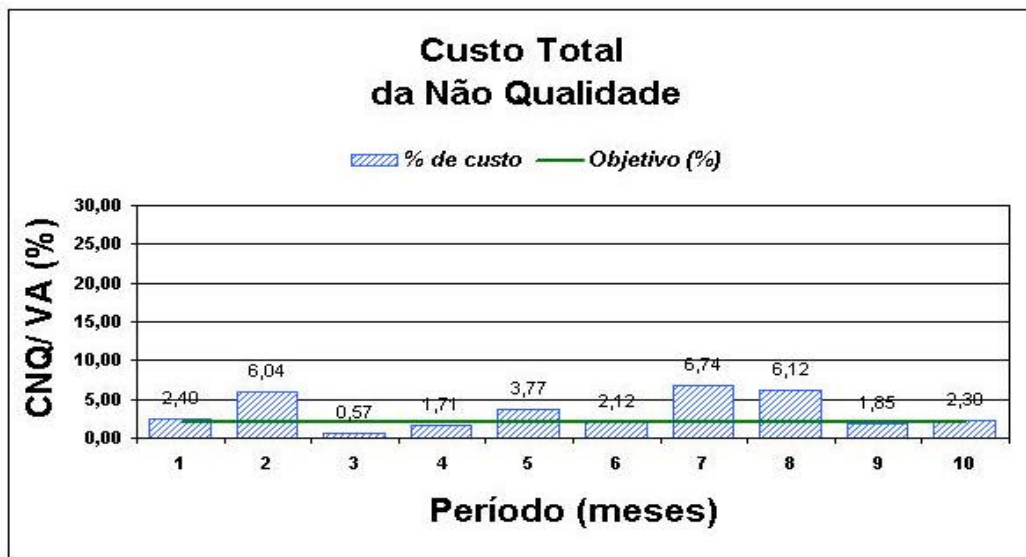


Figura 4.30 Indicativo dos Custos com a Não Qualidade

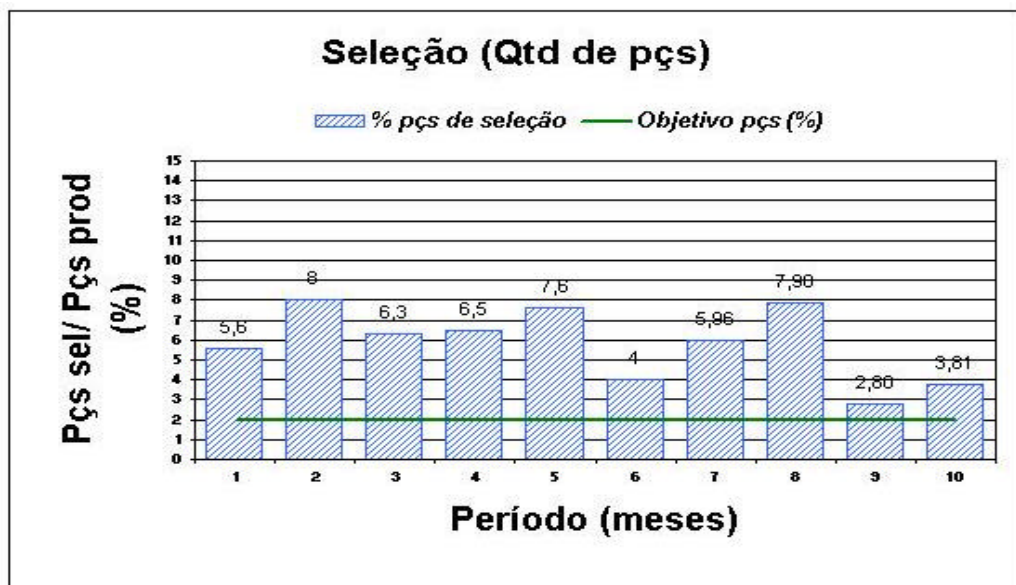


Figura 4.31 Indicativo da quantidade de peças selecionadas

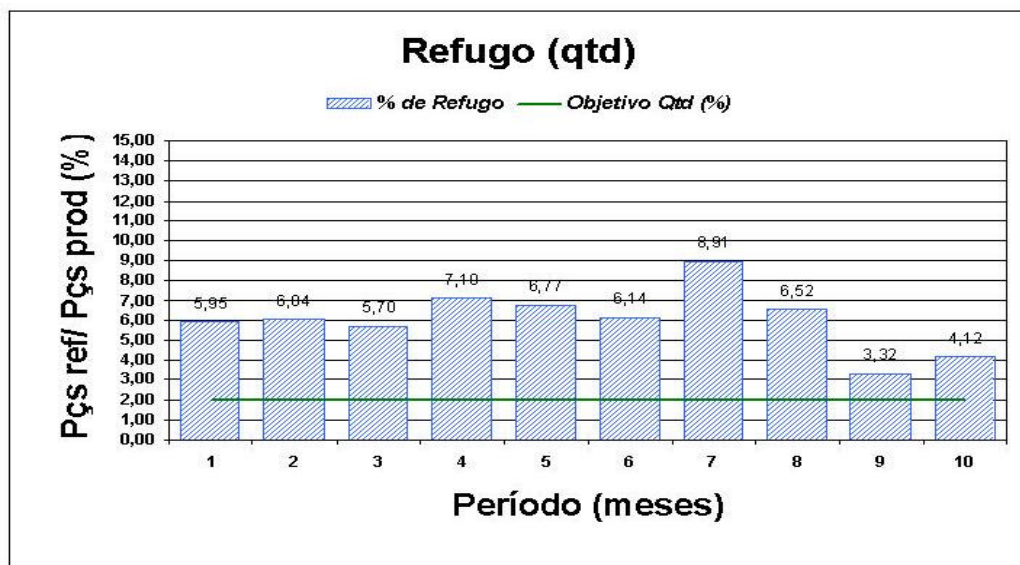


Figura 4.32 Indicativo da Quantidade de Peças Refugadas

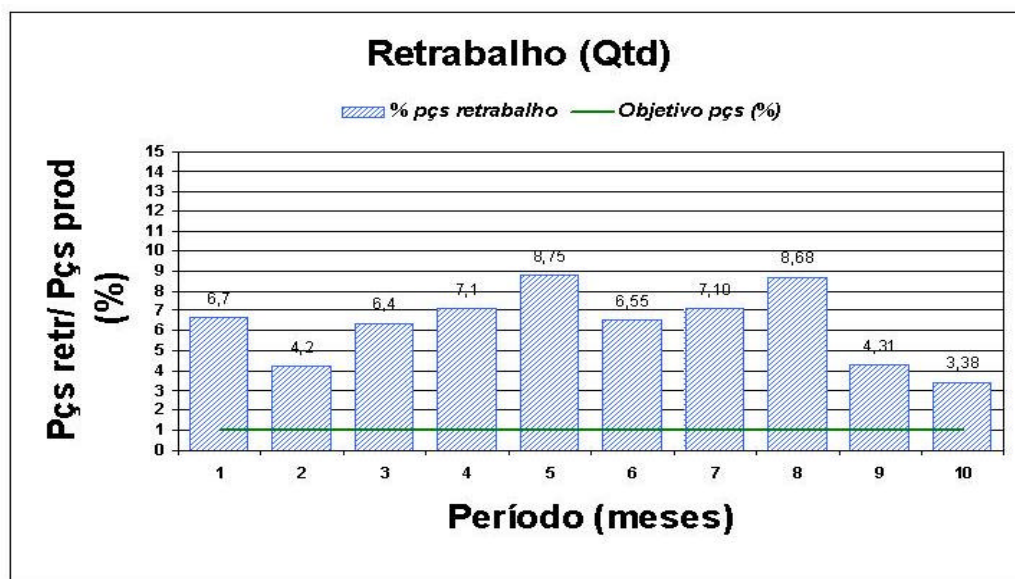


Figura 4.33 Indicativo da Quantidade de Peças Retrabalhadas

5. CONCLUSÃO

A implantação do Controle Estatístico do Processo na empresa estudada foi considerado satisfatório, os resultados apresentados evidenciam a melhoria do processo. Além disso a ferramenta se mostrou eficaz na identificação de problemas, o simples fato de monitorar o processo já pode ser considerado como um avanço pela organização.

A queda na produtividade é uma decorrência normal do monitoramento que se justifica e se torna viável quando as melhorias na qualidade aparecem. Ficou evidente que o Controle Estatístico modificou a maneira dos operadores trabalhar, eles passaram a ter mais responsabilidade, e o resultado disto tudo foi uma queda relevante nos índices de retrabalho, refugo e seleção.

A lucratividade foi outro fator relevante no estudo, a grande preocupação dos gestores da empresa na implantação do controle estatístico era o tempo que se gastaria coletando dados e preenchendo as cartas de controle e diário de bordo, porém o estudo pôde mostrar que o CEP gera lucratividade pelo simples fato de reduzir os gastos com a não qualidade.

O processo de implantação continua sendo aplicado, expandindo-se para outras peças do mix de produtos. A aceitação por parte da empresa foi fundamental, porém o acompanhamento sempre se faz necessário, a fim de esclarecer possíveis dúvidas por parte dos operadores e fazer com que o preenchimento e acompanhamento estatístico do processo se tornem uma rotina para toda a organização.

É evidente que a melhora observada nos indicativos não são somente em decorrência do Controle Estatístico do Processo, porém este fator colaborou muito para isto, trazendo maiores responsabilidades nas mãos dos operadores e os conscientizando da importância dada pela empresa na qualidade dos produtos.

É importante também ressaltar, a importância que o trabalho teve no meu desenvolvimento pessoal e profissional, com ele aprendi muito, além de todo o conteúdo abordado, a lidar e gerenciar pessoas, uma abordagem de implantação como a que foi mostrada neste, requer muita dedicação da que equipe de implantação quanto ao esclarecimento do tema e conscientização de sua importância para toda a organização.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, Vicente Falconi. Controle da Qualidade Total: No estilo Japones. 5. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CERQUEIRA, Wilson. Endomarketing: Educação e Cultura para a Qualidade. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 1991.

COSTA, A. F. B., EPPRECHT, E. K., e CARPINETTI, L. C. R. Controle Estatístico de Qualidade. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

CROSBY, Philip B. Qualidade é Investimento. Rio de Janeiro: Ed. José Olympio, 1991.

DEMING, W. Edwards. Qualidade: A revolução da Administração. Rio de Janeiro: Editora Marques Saraiva, 1990.

Especificação Técnica ISO/TS 16949, Segunda Edição, 2002.

FEIGENBAUM, A. V. Controle da Qualidade Total. São Paulo: Makron Books, 1983.

GARVIN, D.A.- Gerenciando a Qualidade. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 1992.

ISHIKAWA, K. Controle da Qualidade Total: A maneira Japonesa. Rio de Janeiro: Ed. Campos, 1982.

JURAN, J. M. Juran na Liderança pela Qualidade: Um grupo para Executivos. São Paulo: Ed. Pioneira, 1990.

KANE, L. A. Advanced Process Control and Information Systems for the Process Industries. Gulf Professional Publishing Company, 2000.

Manual de Referência – Fundamentos do Controle Estatístico do Processo (CEP), Primeira Edição Americana Publicada em 1992, Crhrysler Corporation, Ford Motor Company, e General Motors Corporation.

MONTGOMERY, D C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora LCT, 2004.

NOBREGA, K.C; COSTA NETO, P. L de O. A gestão da qualidade em serviço. São Paulo, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, 1987.

OAKLAND, John S. Gerenciamento da qualidade total - TQM: o caminho para aperfeiçoar o desempenho. Tradução de Adalberto Guedes Pereira. São Paulo: Nobel, 1994. Traduzido do original Total Quality Management.

OLIVEIRA, Sidney Teylor de. Ferramentas para o aprimoramento da qualidade. 2. ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1996.

PALADINI, Edson Pacheco. Qualidade total na prática: Implantação e Avaliação de Sistemas de Qualidade Total. São Paulo: Editora Atlas, 1994.

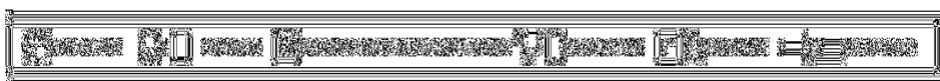
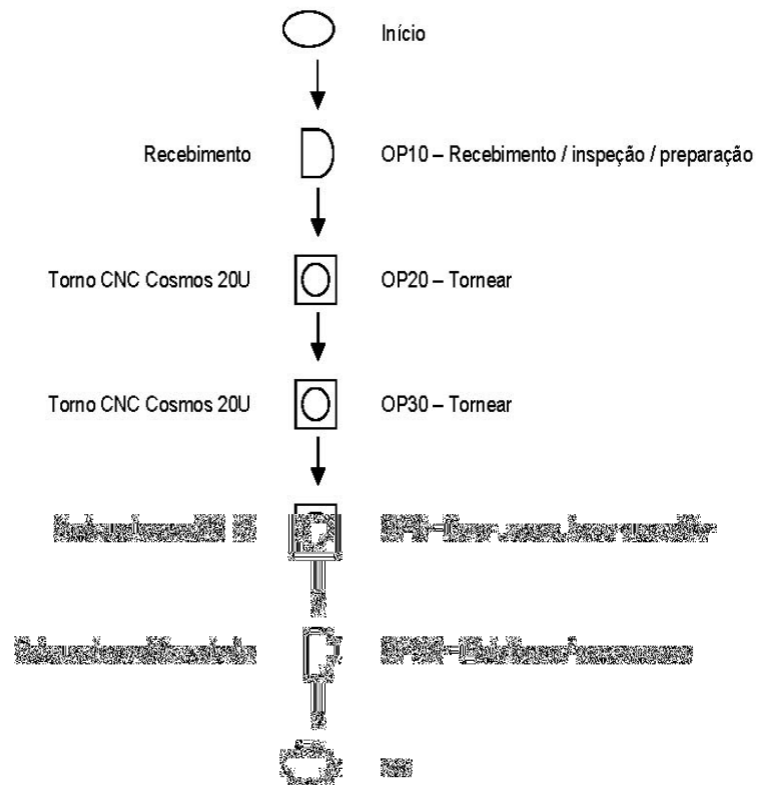
TAGUCHI, Genichi. Introduction to quality engineering: designing quality into products and processes. USA: APO, 1989.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino, Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento do Processo. Belo Horizonte: Editora Werkema, 1995.

Western Electric Company Handbook ,1967.

ANEXO A – DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO

DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO				
Cliente: XXXXXXXXXXXX	Código Skanparts: ZFA0009	Código Cliente: XXXXXXXXXX	Página: 1 de 1	
Nome da Peça: Carcaça do diferencial	Código Desenho: XXXXX	Rev. Des.: XXX	Data Rev: XXXXX	
Elaboração: XXXXXXXXXX	Aprovação: XXXXXXXXXX	Rev. Fluxo: X	Alternativa: XX	Data: XXXXX



XXXXXXXXXX

ANEXO B – ESTUDO DE FMEA

ESTUDO DE FMEA DO PROCESSO ZFA0009																	
Código	Código Estímulo	Descrição	Carga do diferencial	Código Classe	Código Evento	Evento	Sever.	Detec.	NPR	Equipe	Responsável	Atividade	Sever.	Coor.	Detec.	NPR	
XXXXX	ZFA0009			XXX	XXX												FL 3/3
Função do Processo / Requisitos	Modo de falha potencial	Efeito potencial de falha	Sever.	Classe / mecanismo potencial de falha	Evento	Evento	Sever.	Detec.	NPR	Equipe	Responsável	Atividade	Sever.	Coor.	Detec.	NPR	
005 a (00)	Motor	Fuga de moléculas	07	Torra (fonte de torres) de torres	02	Prevalência	03	42									
	Motor	Calculado na montagem	07	Torra (fonte de torres) de torres	02	Prevalência	03	42									
006 a (00)	Prova de escape	Mala marca	00	Evento de torres	02	Prevalência	06	96									
007 a (00)	Prova de escape	Prova de escape	00	Torra (fonte de torres) de torres	02	Prevalência	06	96									
008 a (00)	Prova de escape	Prevenção da falha do produto	07	Torra (fonte de torres) de torres	02	Prevalência	06	96									
009 a (00)	Prova de escape																
010 a (00)	Prova de escape																
011 a (00)	Prova de escape																
012 a (00)	Prova de escape																
013 a (00)	Prova de escape																
014 a (00)	Prova de escape																
015 a (00)	Prova de escape																
016 a (00)	Prova de escape																
017 a (00)	Prova de escape																
018 a (00)	Prova de escape																
019 a (00)	Prova de escape																
020 a (00)	Prova de escape																
021 a (00)	Prova de escape																
022 a (00)	Prova de escape																
023 a (00)	Prova de escape																
024 a (00)	Prova de escape																
025 a (00)	Prova de escape																
026 a (00)	Prova de escape																
027 a (00)	Prova de escape																
028 a (00)	Prova de escape																
029 a (00)	Prova de escape																
030 a (00)	Prova de escape																

Agente: João Luiz de Almeida, CPF nº 123.456.789

ANEXO C - MODELO PROPOSTO DE CARTA DE CONTROLE

ANEXO D - MODELO PROPOSTO DE DIÁRIO DE BORDO



Diário de Bordo - ZFA0009 - Oper.20 - Ø106p7

Quantidade de Peças Fora dos Limites de Controle ($\pm 0,010$)						Quantidade de Peças Fora dos Limites de Especificação ($\pm 0,017$)					
Tipos de Causas	Quantidade					Tipos de Causas	Quantidade				
	Turno 1	Turno 2	Turno 1	Turno 2	Total		Turno 1	Turno 2	Turno 1	Turno 2	Total
Causas Comuns						Causas Comuns					
Desgaste de Pastilhas						Desgaste de Pastilhas					
Troca de Operador/Turno						Troca de Operador/Turno					
Paradas em Geral						Paradas em Geral					
Outros						Outros					
Causas Especiais						Causas Especiais					
Problemas na Máquina						Problemas na Máquina					
Problema na Ferramenta						Problema na Ferramenta					
Erro na Execução da Operação						Erro na Execução da Operação					
Problema no Disp. de Fixação						Problema no Disp. de Fixação					
Problema de Material (Bruto)						Problema de Material (Bruto)					
Queda de Energia						Queda de Energia					
Outros						Outros					
Total Produzido no Turno						Total Produzido no Turno					