

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – PPGA**  
**CURSO DE MESTRADO**

**APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA**  
**EMPRESA “METASA” COMO UMA FERRAMENTA DE**  
**COMPETITIVIDADE**

**CARLOS VILIBALDO HESSLER**

**CAXIAS DO SUL**

**2008**

**CARLOS VILIBALDO HESSLER**

**APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA  
EMPRESA “METASA” COMO UMA FERRAMENTA DE  
COMPETITIVIDADE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Administração.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Emília Camargo

**CAXIAS DO SUL**

**2008**

**CARLOS VILIBALDO HESSLER**

**APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA  
EMPRESA “METASA” COMO UMA FERRAMENTA DE  
COMPETITIVIDADE**

**Conceito Final: .....**

**Aprovada em ..... de ..... de 2008.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Eric Dorion

---

Prof. Dr. Gutemberg Hespanha Brasil

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Suzana Leitão Russo

## **DEDICATÓRIA**

A minha esposa Idelma, pelo carinho, compreensão e apoio em todo o meu curso, culminando a conclusão do mesmo com este trabalho.

Aos meus filhos Carlos Henrique e Caroline, pela torcida, me incentivando com muita força e de forma contínua.

A DEUS, que sempre esteve ao meu lado, me iluminando, me dando todas as forças necessárias para transpor momentos difíceis, com isto foi possível galgar os caminhos para atingir este objetivo.

## AGRADECIMENTOS

A Professora Doutora Maria Emilia Camargo, por sua Orientação e Supervisão ao longo do Curso de Mestrado, e um agradecimento muito especial no desenvolvimento desta dissertação.

Aos meus colegas e amigos Cláudio Peiter (Gerente Industrial), Mara Mognon (Gerente do Sistema da Qualidade), Mauricio Silva (Técnico em Processo de Pintura Industrial) e suas equipes de trabalho, pela contribuição do seu tempo e conhecimento prático, souberam acolher com humildade, paciência as minhas dúvidas e incertezas, aconselhando-me e esclarecendo-me sempre que exigido. Cabe salientar que prevaleceu também que o estímulo e amizade e foram fundamentais, em momentos por vezes tão adversos.

A todos os colaboradores (funcionários) do Setor de pintura, pelo grande engajamento, colaboração durante todo este tempo em que realizamos a pesquisa e coleta de dados. Não posso deixar de registrar a absorção bem como aplicação de alguns conceitos do CEP por parte desta equipe, bem como as mudanças positivas de ordem comportamental, técnica, ocorridas no setor produtivo (pintura).

A todos os professores do Curso de Mestrado em Administração da Universidade de Caxias do Sul, em especial ao Prof. Dr. Eric Dorion, Coordenador do Curso.

E a todos aqueles que, individualmente ou coletivamente não aqui mencionados, mas permitiram de alguma forma a concretizar e sedimentar este trabalho.

“Só podemos medir aquilo que conhecemos, e só podemos melhorar aquilo que conseguimos medir.

Se não medirmos não poderemos entender;

“Se não entendermos não poderemos controlar; Se não controlarmos não poderemos aperfeiçoar o processo”.

*Autor Desconhecido.*

## RESUMO

Nos últimos anos diversas áreas do setor produtivo vêm experimentando acelerados avanços tecnológicos e, desta forma, exigindo ferramentas cada vez mais específicas para monitorar e avaliar estes processos. Melhorias significativas nos processos de medições das características de qualidade têm sido observadas. Em relação ao controle de processo, em 1924, Walter Shewhart desenvolveu o conceito estatístico das cartas de controle para processos cujos dados sejam independentes e normalmente distribuídos, suposição esta que deve ser atendida para a construção das cartas de controle. Este artigo tem como objetivo mostrar a aplicação das cartas de controle estatístico de processo, no setor de pintura da Empresa Metasa, Rio Grande do Sul, Brasil, cuja característica do processo de pintura industrial analisada foi à espessura da camada de tinta. Os dados foram coletados levando em consideração, as seqüências que constituem o processo da aplicação da tinta (demãos de pintura), procurando-se oferecer uma melhoria sensível nos níveis de qualidade desse setor, com o objetivo de reduzir custos de produção. Os resultados encontrados são de grande importância para a empresa, pois foram estabelecidos os limites de controle que permitirão monitorar os processos. Para os casos onde a análise, entretanto, diagnosticou a permanência do processo fora de controle, se fez necessário o estudo das causas da variabilidade do mesmo.

**Palavras-chave:** Controle Estatístico de Processo; Qualidade, Gráficos de Controle.

## ABSTRACT

In the last years many areas in the productive section have experienced fast technologic progress and, this way, demanding even more specific tools to control and assess these processes. Significant improvement in the processes of quality characteristics measurements has been noted. Regarding the process control, in 1924, Walter Shewhart (1931) developed the statistic concept of control letters to processes which data are independent and normally distributed, supposition that must be understood to control letters construction. This article has the goal to show the process statistic control letters, in the painting sector of the Company Metasa, Rio Grande do Sul, Brazil, which process characteristic of industrial painting analyzed was the paint coat thickness. The data were collected taking into consideration, the sequences that form the paint application process (painting coating), searching to offer a sensible improvement in the quality levels of this sector, with the objective of reducing production costs. The results found are of great importance to the company, since limits of control were established that will allow monitor the processes. For the cases where the analysis, otherwise, diagnosed the process permanence out of control, the study of the variability causes was necessary.

**Key words:** Statistical Process Control; Quality; Control Charts.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE QUADROS</b>	13
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	14
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	16
<b>1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b>	16
<b>1.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</b>	17
<b>1.3 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO DE PESQUISA</b>	18
<b>1.4 OBJETIVOS</b>	18
1.4.1 OBJETIVO GERAL	18
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
<b>1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO</b>	19
<b>1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	19
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	20
<b>2.1 QUALIDADE</b>	20
<b>2.2 PROCESSO</b>	21
<b>2.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO</b>	23
2.3.1 VARIABILIDADE DO PROCESSO	24
2.3.2 TESTE DA NORMALIDADE DO PROCESSO	28
2.3.2.1 Teste de <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	28
2.3.2.2 Teste de normalidade de Jarque-Bera	29
2.3.2.3 Gráfico normal de probabilidade	30
2.3.3 TESTE DA AUTOCORRELAÇÃO DOS DADOS	30
<b>2.4 GRÁFICOS DE CONTROLE</b>	31
2.4.1 TIPOS DE GRÁFICOS DE CONTROLE	36
2.4.2 GRÁFICOS DE CONTROLE ( $X_{ind}$ , $R_m$ )	37

2.4.3 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE	39
2.4.4 BENEFÍCIOS DOS GRÁFICOS DE CONTROLE	40
<b>2.5 ETAPAS DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO</b>	40
<b>2.6 FATORES NECESSÁRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE PROCESSO</b>	41
<b>2.7 CONDIÇÕES PARA SE IMPLANTAR UM CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO – CEP</b>	42
<b>2.8 CAPACIDADE DO PROCESSO</b>	42
2.8.1 ÍNDICES DE CAPACIDADE	43
2.8.2 VALORES TÍPICOS DE $C_p$ e $C_{pk}$	45
2.8.3 RELAÇÃO DO $C_p$ e $C_{pk}$ COM O PERCENTUAL DE DEFEITOS PRODUZIDOS	46
2.8.4 APLICAÇÕES DOS RESULTADOS NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PROCESSO	47
2.8.5 MEDIDA DE DESEMPENHO DA IMPLANTAÇÃO DA QUALIDADE	47
<b>2.9 OUTRAS FERRAMENTAS BÁSICAS DE QUALIDADE</b>	47
2.9.1 FOLHA DE VERIFICAÇÃO	47
2.9.2 CICLO DE PDCA	48
2.9.3 MÉTODO DOS 5W2H	48
<b>2.10 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO NA ÁREA DE PINTURA</b>	49
<b>2.11 ESTRATÉGIA COMPETITIVA E O CEP</b>	50
<b>2.12 ABORDAGENS DE IMPLANTAÇÃO DO CEP</b>	51
2.12.1 ABORDAGEM MOTOROLA	51
2.12.2 ABORDAGEM BREYFOGLE III	55
2.12.3 ABORDAGEM DE MONTGOMERY	58
2.12.4 ABORDAGEM OWEN	61
<b>3 METODOLOGIA</b>	68

<b>4 ESTUDO DE CASO</b>	71
<b>4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA</b>	71
<b>4.2 ETAPAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO CEP</b>	73
4.2.1 ETAPA 1 - FORMAÇÃO DA EQUIPE DE IMPLANTAÇÃO	74
4.2.2 ETAPA 2 - DEFINIÇÃO DA UNIDADE PILOTO	74
4.2.3 ETAPA 3 - IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DA PINTURA	76
4.2.4 ETAPA 4 – ESCOLHA DAS CARACTERÍSTICAS A SEREM MONITORADAS	77
4.2.5 ETAPA 5 - CONSTRUÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE	78
<b>4.2.5.1 Primeira Obra: Primeira demão de tinta</b>	79
<b>4.2.5.2 Primeira Obra: Segunda demão de tinta</b>	80
<b>4.2.5.3 Primeira Obra: Terceira demão de tinta</b>	82
<b>4.2.5.4 Segunda Obra: Primeira demão de tinta</b>	87
<b>4.2.5.5 Segunda Obra: Segunda demão de tinta</b>	88
<b>4.2.5.6 Segunda Obra: Terceira demão de tinta</b>	90
<b>4.2.5.7 Terceira Obra: Primeira demão de Tinta</b>	92
<b>4.2.5.8 Terceira Obra: Segunda demão de Tinta</b>	93
<b>4.2.5.9 Terceira Obra: Terceira demão de Tinta</b>	94
4.2.6 ETAPA 6 - CÁLCULO DOS ÍNDICES DE CAPACIDADE DO PROCESSO	96
4.2.7 ETAPA 7 - CÁLCULO DA REDUÇÃO DE CUSTOS	98
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	101
<b>5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	102
<b>REFERÊNCIAS</b>	103
<b>ANEXOS</b>	107

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1 - Interpretação do índice <math>C_{pk}</math></b>	46
<b>QUADRO 2 - Descrição do método dos 5W2H</b>	48
<b>QUADRO 3 - Análise do processo</b>	60
<b>QUADRO 4 - Número de funcionários e suas funções no setor de pintura</b>	77
<b>QUADRO 5 - Descrição das ações</b>	86
<b>QUADRO 6 - Comparação entre média da espessura da tinta e o EPP</b>	98

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Entrada e saída de um processo de produção</b>	22
<b>Figura 2 - Gráfico referente a um processo isento de causas especiais</b>	25
<b>Figura 3 - Gráfico referente a um processo com causa especial alterando à média do processo</b>	26
<b>Figura 4 - Gráfico de um processo com causa especial alterando a média e aumentando a variabilidade do processo</b>	26
<b>Figura 5 - Causas comuns e especiais de variação</b>	27
<b>Figura 6 - Gráfico das áreas sob a curva da distribuição normal</b>	28
<b>Figura 7 - Gráfico de controle genérico para monitoramento de um processo</b>	32
<b>Figura 8 - Gráfico de um processo instável</b>	33
<b>Figura 9 - Diagrama de Causa e Efeito.</b>	33
<b>Figura 10 - Exemplo de gráfico com um processo estável e ajustado</b>	34
<b>Figura 11 - Esquema geral de utilização de um gráfico de controle</b>	35
<b>Figura 12 - Etapas da abordagem Motorola</b>	51
<b>Figura 13 - Etapas da abordagem Breyfogle III</b>	55
<b>Figura 14 - Etapas da abordagem Montgomery</b>	58
<b>Figura 15 - Etapas da abordagem Owen</b>	61
<b>Figura 16 - Fluxograma da Programação e Controle de Material de Pintura</b>	76
<b>Figura 17 - Gráfico para medidas individuais da variável espessura da tinta da primeira obra e primeira demão</b>	79
<b>Figura 18 - Gráfico das amplitudes da variável espessura de tinta da primeira obra e primeira demão</b>	80
<b>Figura 19 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta da primeira obra e segunda demão</b>	81
<b>Figura 20 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura de tinta da primeira obra e segunda demão</b>	82
<b>Figura 21 - Gráfico para medidas individuais da variável espessura da tinta da primeira obra e terceira demão</b>	83
<b>Figura 22 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura de tinta da primeira obra e terceira demão</b>	83
<b>Figura 23 - Diagrama de Ishikawa para a identificação de interferências na qualidade da pintura</b>	85

<b>Figura 24 - Gráfico para medidas individuais da variável espessura da tinta para segunda obra e primeira demão</b>	87
<b>Figura 25 - Gráfico da amplitude média (<math>R_m</math>) da variável espessura da tinta para segunda obra e primeira demão</b>	88
<b>Figura 26 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta</b>	89
<b>Figura 27 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura da tinta</b>	89
<b>Figura 28 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta</b>	90
<b>Figura 29 - Gráfico da amplitude móvel da variável espessura da tinta</b>	91
<b>Figura 30 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta</b>	92
<b>Figura 31 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura da tinta</b>	92
<b>Figura 32 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta</b>	93
<b>Figura 33 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura da tinta</b>	94
<b>Figura 34 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta</b>	95
<b>Figura 35 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura da tinta</b>	95
<b>Figura 36 - Processo de capacidade para a primeira obra e terceira demão de tinta</b>	97
<b>Figura 37 - Processo de capacidade para a segunda obra e terceira demão de tinta</b>	97
<b>Figura 38 - Processo de capacidade para a terceira obra e terceira demão de tinta</b>	98
<b>Figura 39 - <i>Framework</i>: abordagem para o setor de pintura industrial</b>	100

# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introduz o trabalho, apresentando as considerações iniciais, a descrição do problema de pesquisa, a importância do trabalho, os objetivos, as limitações e a estrutura do trabalho utilizada para o desenvolvimento da dissertação.

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O avanço tecnológico, a competitividade do mercado, as exigências do consumidor e dos instrumentos de proteção ao consumidor, fazem com que as indústrias preocupem-se em produzir produtos cada vez com mais qualidade.

A maioria das empresas tem como o objetivo comum, a busca da manutenção e melhoria contínua da qualidade dos seus produtos no atual mercado competitivo. Além disso, qualidade passou a ser um fator de decisão básica na escolha de produtos e serviços pelo consumidor.

Conseqüentemente, a qualidade é o elemento chave do sucesso, crescimento e liderança de uma empresa ou negócio. De uma forma resumida pode-se afirmar que três fatores são determinantes na competitividade: qualidade, produtividade e custos de operação, influenciando no custo final do produto e em seu preço de venda. Desta forma, para que haja uma melhoria na qualidade de produtos, processos e serviços, as técnicas de controle estatístico de processo têm sido amplamente usadas.

Sob esses aspectos, o Controle Estatístico do Processo (CEP) tem um grande impacto na satisfação do consumidor, pois a qualidade do produto certamente estará atendendo as expectativas e exigências do cliente.

Montgomery (1996), afirma que se um produto corresponde às exigências do consumidor, ele deve estar sendo produzido em um processo estável e replicável, ou seja, trabalhar com pouca variabilidade, em torno das dimensões nominais exigidas em relação às características exigidas para a qualidade do processo.

A maioria das organizações tem como o objetivo comum, a busca da manutenção e melhoria contínua da qualidade dos seus produtos e/ou serviços, afim de que possam continuar competindo no mercado.

Diferente da inspeção tradicional, o controle estatístico do processo (CEP) ocorre em todas as fases do processo produtivo. O objetivo é assegurar a qualidade da produção ao longo do desenvolvimento do processo, pois se evita assim, que itens não qualificados avancem na linha de produção ou sejam destinados ao consumidor final. Deste modo não é necessário um descarte ao final da fabricação (Montgomery, 2000).

Num ambiente de alta competição, como atualmente, é importante que as empresas estejam preparadas para controlar seus processos de produção, através do uso de técnicas estatísticas. Pois se um processo está sob controle, o administrador pode saber antecipadamente que a expectativa dos clientes quanto a este produto serão atingidas, bem como a qualidade do produto estará dentro dos padrões de aceitabilidade.

## **1.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA**

A empresa Metasa tem identificado que o seu processo de pintura de alguns produtos estão fora das especificações definidas pelos seus clientes, acarretando uma elevação nos custos.

Segundo Deming (1997) estando um processo sob controle estatístico, pode-se dar significado à capacidade do processo em obedecer às especificações, sendo que na sua ausência não se faz qualquer previsão.

Assim, com base nas recomendações de Deming (1997), pode-se formular o seguinte questionamento:

O que deve ser feito, a fim de a que empresa possa atender os seus clientes e não perder dinheiro com excesso de tinta ou com retrabalhos de repintura para aumentar a camada de tinta?

### 1.3 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO DE PESQUISA

A competitividade cada vez mais acirrada induziu as empresas a investirem em parques industriais modernos visando melhoria nos processos e, em função destes investimentos ocorreram mudanças e seus processos passaram por uma avaliação mais específica e criteriosa. O resultado dessas avaliações fez com que a maioria das indústrias passasse a adquirir modernos equipamentos aumentando a complexidade dos processos produtivos e conseqüentemente o controle da qualidade.

A utilização do Controle da Qualidade passou a ser mais constante nas empresas fazendo com que as mesmas investissem em ferramentas de qualidade para que seus processos gerassem resultados mais precisos e mais rápidos. Destacam-se dentre as ferramentas, os gráficos de controle que são de extrema importância para o monitoramento dos processos, bem como para detecção de possíveis problemas dos mesmos.

Assim, este estudo torna-se importante, à medida que se propõe a desenvolver um estudo sobre aplicação do controle estatístico de processo no setor de pintura da empresa Metasa, setor este que é considerado o mais crítico da empresa, bem como desenvolver um *framework* para a implantação do CEP em um setor de pintura industrial.

### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar técnicas de controle estatístico de processo, no setor de pintura da Empresa Metasa na busca de soluções para os problemas de qualidade e melhoria contínua da qualidade, bem como desenvolver um *framework* para a implantação do CEP em um setor de pintura industrial, utilizando-o como uma ferramenta de competitividade para a empresa..

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a empresa e o seu processo de pintura;

- Identificar as características de qualidade do processo de pintura que devem ser monitoradas;
- Descrever todas as etapas necessárias para a implantação do Controle Estatístico de Processo;
- Verificar o atendimento as condições necessárias para a construção dos gráficos tradicionais de controle;
- Construir gráficos univariados para medidas individuais e para a variabilidade para o processo de pintura;
- Calcular os índices de capacidade do processo de pintura;
- Realizar análise de custo-benefício a fim de verificar a viabilidade da implantação do controle estatístico de qualidade em toda a empresa.

## **1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO**

Como a empresa não utiliza o Controle Estatístico de Processo (CEP), existem poucas informações registradas do controle de qualidade do processo de pintura, e quando existem dados, estes não estão no formato ideal para implementação do CEP.

Outra limitação é que a empresa trabalha com encomendas, logo estes produtos dificultam o monitoramento por meio de gráficos de controle, porque não possui dados históricos sobre o processo de pintura, portanto, para a aplicação do controle de processo através dos gráficos de controle, há necessidade de se preparar estes dados para a construção dos gráficos e da análise.

## **1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho está estruturado além da introdução, em mais quatro capítulos. A seguir tem-se o capítulo 2 onde está o referencial teórico. No capítulo 3, apresenta-se a metodologia, no capítulo 4, está apresentado o desenvolvimento do estudo de caso e finalmente o capítulo 5 traz as considerações finais e sugestões para futuras pesquisas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento desta dissertação.

### **2.1 QUALIDADE**

O conceito de qualidade é muito antigo, desde que o ser humano começou a manufaturar itens, tem havido o interesse pela qualidade dos produtos. Com o aumento da produção em massa este controle se tornou crítico, havendo então a necessidade de criar técnicas quantitativas que viabilizassem o controle qualitativo.

O controle por meio de métodos estatísticos se desenvolveu durante os anos 30 do século XX nos Estados Unidos. A gestão da qualidade iniciou-se no Japão durante os anos setenta e se espalhou pela Europa nos anos 80. A qualidade de um produto ou serviço é sua aptidão de satisfazer completamente as necessidades e expectativas dos usuários (ROCHA, 2004)

Várias são as definições para qualidade, conforme Montgomery (1991, p.1-3), o entendimento conceitual relacionando uma ou mais características desejáveis que um produto ou serviço deva possuir; produto ou serviço que alcance os requerimentos daqueles que irão utilizá-lo; ou ajuste ao uso. A mais moderna seria aquela em que qualidade é inversamente proporcional à variabilidade.

O conceito de qualidade que será utilizado neste estudo é o de adequação ao uso. Isto significa que é essencial que um produto cumpra os requisitos para os quais o mesmo foi projetado (MONTGOMERY, 1991, p.1-3). Neste contexto, existem dois aspectos importantes relacionados à adequação ao uso: a qualidade do projeto e a qualidade de conformidade.

A qualidade do projeto representa a diferenciação existente entre diversos produtos, esta diferenciação provém da fase de projeto e é intencional.

A qualidade de conformidade representa a conformidade do produto manufaturado em relação ao valor especificado de projeto.

O conceito de produto defeituoso está relacionado ao conceito de qualidade de conformidade. Toda medição de uma característica de qualidade é baseada em uma

especificação de projeto. Esta representa o valor alvo que a característica deve ter para que o produto apresente o seu desempenho desejado. Uma especificação é composta de um valor nominal e uma faixa denominada tolerância, ou seja:

$$\text{Especificação} = \bar{\omega} \pm \Delta ,$$

onde:

$\bar{\omega}$  = valor nominal

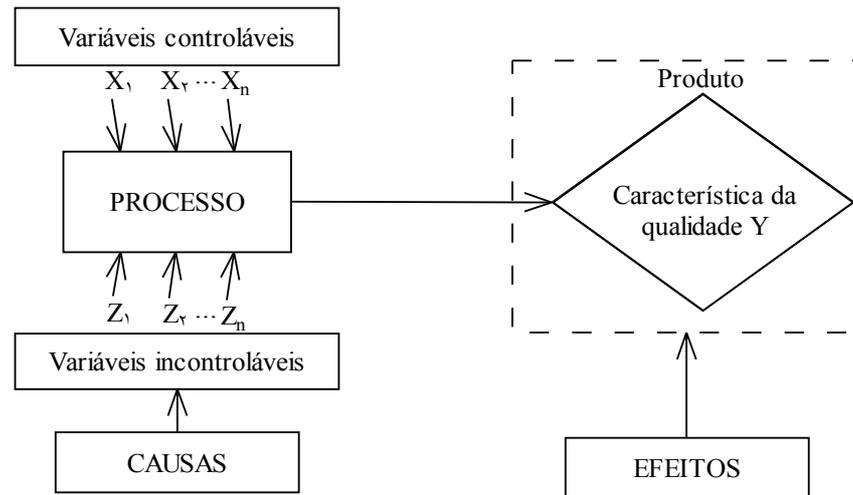
$\Delta$  = valor da tolerância

Assim, pode-se afirmar que um produto apresenta qualidade de conformidade, ou é conforme, quando os resultados das medições de uma característica qualquer "Y" estão dentro da faixa da tolerância especificada em projeto (MONTGOMERY, 1991).

## 2.2 PROCESSO

Todo trabalho realizado em uma indústria pode ser encarado com um processo, ou seja, um conjunto de atividades realizadas segundo um propósito. Um processo vem a ser uma combinação de pessoas, máquinas, métodos e serviços, com a finalidade de gerar um produto ou um bem.

Um processo produtivo representado por um sistema , o qual é constituído de entradas e saídas que transforma a matéria prima em produtos acabados pode ser observado na Figura 1. As entradas são representadas por variáveis de entrada ou os parâmetros de processo, ou seja, representam as causas, e as de saída por características de qualidade que representa o efeito.



**Figura 1 - Entrada e saída de um processo de produção (MONTGOMERY, 1991, p. 12)**

Em um processo produtivo 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.

As variáveis de entrada são classificadas como variáveis controláveis ( $x_i$ ) e incontroláveis ( $z_i$ ). As variáveis controláveis são as que se pode ter controle tais como temperaturas, pressões, velocidades de corte, etc. As variáveis incontroláveis são as que não se pode ter controle tais como: fatores ambientais, satisfação das pessoas, entre outras, que podem ocorrer durante a realização do processo, podendo ser conhecidas ou não. As variáveis incontroláveis são também denominadas variáveis perturbadoras de um processo. A classificação das variáveis de um processo em controláveis ou incontroláveis varia de um processo para outro (SCHISSATTI, 1998)

O processo produtivo transforma as causas de um processo em um produto final, o qual é representado por uma ou mais variáveis de saída. Na Figura 1 esta variável é representada pela letra Y. A variável de saída é a medida da qualidade do processo, sendo denominada, por simplificação, de característica de qualidade. Uma ou mais características de qualidade representam a qualidade do produto (SCHISSATTI, 1998).

As características de qualidade são classificadas em atributos e variáveis (PALADINI, 1995). As características por variáveis são aquelas cujos valores podem ser obtidos por uma escala contínua de medição, ao passo que as características por atributos podem ser medidas por escalas discretas.

## 2.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

Quando se diz que se está controlando um processo, na realidade se está controlando a qualidade deste. Segundo Juran (1993) o controle de qualidade é um processo gerencial composto pelas seguintes etapas:

- Avaliação do desempenho real da qualidade;
- comparação do desempenho real com as suas metas;
- atuação nas diferenças entre desempenho real e metas.

Assim, o conceito de controle é de manter o processo em seu estado planejado de modo que ele continue capaz de atingir as suas metas inicialmente estabelecidas, ou seja, a manutenção dos níveis de qualidade, ou metas, definidos para um processo é, desta forma, o desafio estipulado para o controle (GRAÇA, 1996).

O controle estatístico de processo (CEP) trata do uso de métodos estatísticos em todos os estágios considerados críticos ou de muita importância no desenvolvimento de um projeto e/ou da produção. Segundo Montgomery (1996) o principal objetivo do CEP é monitorar o desempenho de processos ao longo do tempo e detectar eventos incomuns que influenciem nas propriedades determinantes da qualidade do produto final. Uma vez encontradas as causas especiais responsáveis pelo evento incomum, melhorias no processo e na qualidade dos produtos, podem ser sugeridas. Na implementação destas melhorias utiliza-se o gráfico de controle, introduzido por Walter A. Shewhart (1931), um físico dos Laboratórios da Bell Telephone, na década de 20, com o objetivo de controlar a variabilidade dos processos.

O Controle Estatístico de Processo, tradicionalmente, é uma ferramenta com base estatística, de auxílio ao controle da qualidade, nas etapas do processo, particularmente no caso de processo de produção repetitivo. (MONTGOMERY, 2000).

Os modernos métodos de qualidade tiveram sua origem, conforme cita Montgomery (1996) a partir de um simples memorando datado de 16 de maio de 1924, no qual Walter A. Shewhart propunha as cartas de controle para análise de dados e solução de problemas de qualidade na empresa americana *Bell System*. Isso introduziu fortemente o conceito de prevenção de problemas ao invés de enfatizar a correção de problemas. Infelizmente, esse trabalho não recebeu uma grande atenção nos Estados Unidos até a década de 1980.

Recentemente, devido à grande competição mundial, o controle estatístico de qualidade tornou-se uma poderosa ferramenta na garantia da qualidade.

Após a publicação do livro “*Economic Control of Quality Manufactured Product*” em 1931, introduzindo a idéia da aplicação da estatística nos processos de produção, houve uma revolução no enfoque gerencial da qualidade que passou da simples inspeção para detecção de falhas no processo ao controle integral do processo (BAYEUX, 2001).

Um dos objetivos do controle estatístico de processo é detectar de uma forma rápida a ocorrência de causas atribuídas ou mudanças no processo, de modo que uma investigação do processo e uma ação corretiva possam ser empreendidas antes que muitas unidades não conformes sejam produzidas.

### 2.3.1 VARIABILIDADE DO PROCESSO

Qualquer processo produtivo está sujeito à variação, por mais que o processo seja “perfeito”. Um produto ou serviço sempre está sujeito à variabilidade. No controle estatístico de processo, a variabilidade tem causas aleatórias, inerentes ao processo (ou comuns) e causas especiais (ou identificáveis) que podem ser identificadas. Quando o processo é dito sob controle estatístico, é porque ele está operando apenas sob as causas inerentes, que são causas essencialmente inevitáveis, as quais pouco ou nada se pode fazer para eliminar (GRAÇA, 1996; RAMOS, 2003; VEIT, 2003).

As fontes de variabilidade de um processo podem ser classificadas nos seguintes grupos:

- matéria-prima;
- métodos de trabalho;
- meios de medição;
- mão de obra
- meio ambiente;
- máquinas;

Alguns exemplos de causas de variação são:

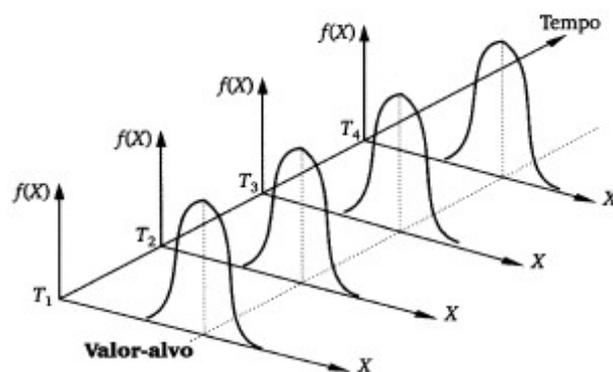
- Desgaste de ferramentas;

- matérias-primas fora da especificação;
- método de trabalho incorreto;
- gerenciamento inadequado;
- erros humanos.

As causas de variação 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 (GRAÇA, 1996). São difíceis de serem identificadas, geralmente sendo uma conjugação de diversas fontes de variação. No entanto, o efeito desta conjugação, geralmente são fáceis de serem medidos. São também difíceis de serem eliminadas economicamente, necessitando geralmente de intervenções gerenciais tais como troca de máquina, alteração do produto, etc..

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

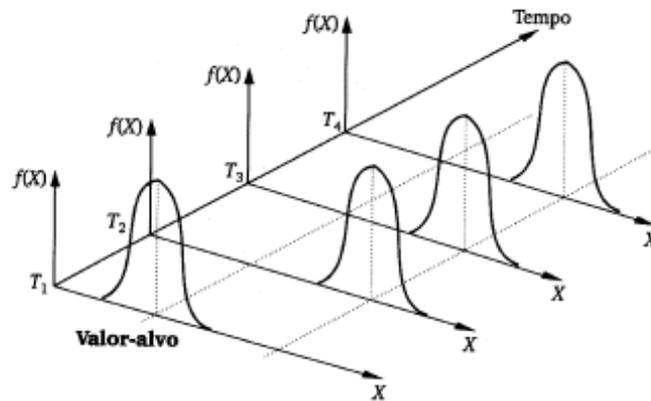
Segundo Souza (2003) “quando apenas causas comuns estão atuando no processo, a quantidade de variabilidade se mantém em uma faixa estável, conhecida. Desta forma, diz-se, que o processo está no estado de ” controle estatístico “, como no exemplo da Figura 2”.



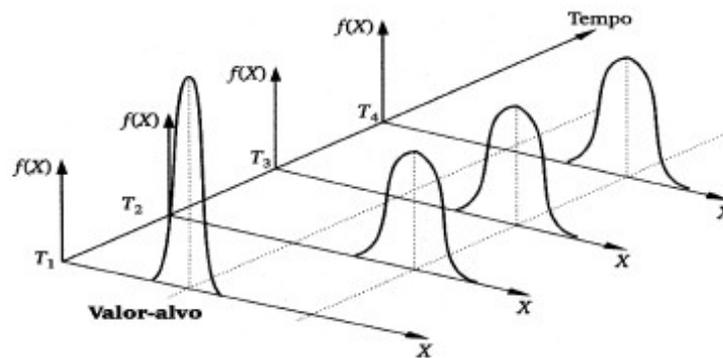
**Figura 2 - Gráfico referente a um processo isento de causas especiais**

Fonte: Costa, Epprecht e Carpinetti. 2004

Quando o processo está fora de controle estatístico, significa que ele está operando sob causas especiais ou identificáveis. Estas causas devem ser identificadas e corrigidas para que o processo volte ao controle. Os exemplos de processos “fora de controle” são apresentados nas Figuras 3 e 4.



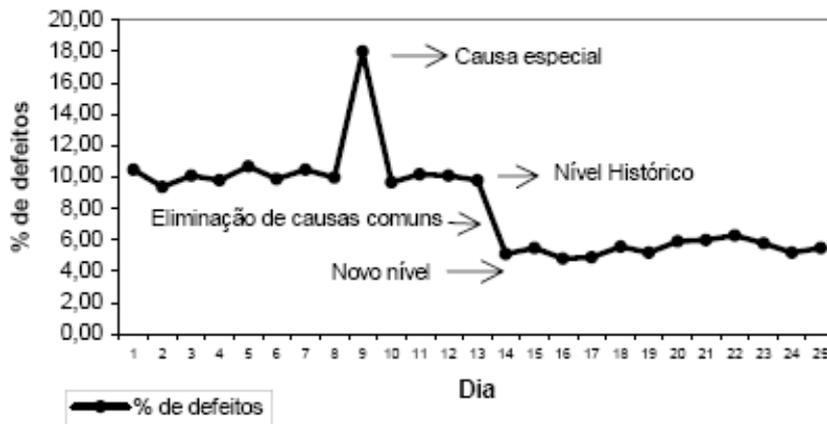
**Figura 3 - Gráfico referente a um processo com causa especial alterando a média do processo**  
 Fonte: Costa; Epprecht; Carpinetti. 2004



**Figura 4 - Gráfico de um processo com causa especial alterando a média e aumentando a variabilidade do processo.**

Fonte: Costa, Epprecht e Carpinetti. 2004.

As causas especiais podem ocorrer devido a: mão de obra, método de trabalho, matéria prima, máquinas, meio ambiente e meios de medição, o qual foi conhecido como 6 Ms. A falta de treinamento de funcionários, a falta de ajuste ou lubrificação da máquina são exemplos de causas especiais. Na Figura 5, ilustram-se as causas comuns e especiais de variação.



**Figura 5 – Causas comuns e causas especiais de variação**

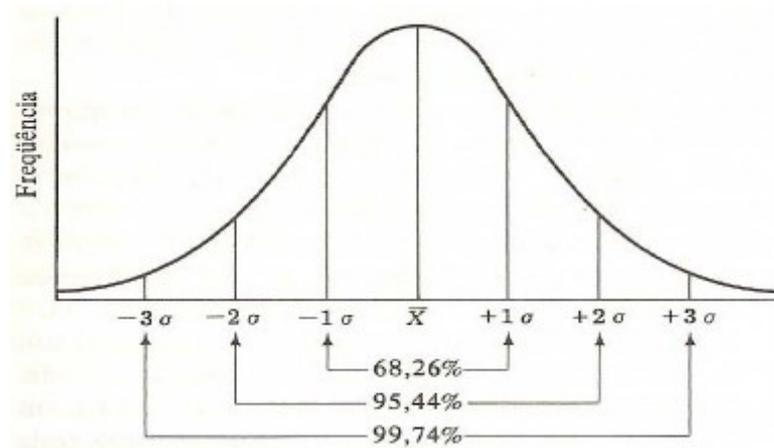
Fonte: Ramos (1997, p.191)

Um dos principais objetivos do Controle Estatístico de Processo é detectar as causas especiais, investigar e aplicar ações para correção, para que o processo não produza produtos fora das especificações, ou seja, fora dos limites permitidos. O objetivo é a eliminação da variabilidade, ou de quase toda no processo.

Para a verificação da variabilidade do processo devem-se retirar dados em intervalos de tempos iguais, calcular as estatísticas que resumem os dados retirados destas amostras. Depois do cálculo das estatísticas colocam-se esses valores em um gráfico, as marcações tornar-se-ão distribuídas neste gráfico com uma forma de “distribuição normal”, que é uma curva em forma de sino. Todas as propriedades da distribuição normal podem ser utilizadas para entender a variação do processo.

Conforme Figura 6, sabe-se que, se o dado referente à característica de qualidade em análise tiver uma distribuição normal e esta distribuição for bilateral simétrica, pode-se afirmar que:

- 1• 68,3% da distribuição encontram-se, mais ou menos, um desvio-padrão da média;
- 2• 95,4% da distribuição encontram-se, mais ou menos, dois desvios-padrão da média;
- 3• 99,7% da distribuição encontram-se, mais ou menos, a três desvios-padrão da média.



**Figura 6 – Gráfico das áreas sob a Curva de Distribuição Normal**

Fonte: Montgomery (2000)

### 2.3.2 TESTE DA NORMALIDADE DO PROCESSO

Para realizar o teste de normalidade do processo, é necessária uma coleta de dados significativa para que a distribuição possa ser seguramente avaliada (PINCE, 1991). Vários são os testes que podem ser usados, neste trabalho serão utilizados os testes de *Kolmogorov-Smirnov* e o de Jarque-Bera.

#### 2.3.2.1 Teste de *Kolmogorov-Smirnov*

No teste de *Kolmogorov-Smirnov* a variável de teste é a maior diferença observada entre a função de distribuição acumulada da normal teórica e da amostra. Este teste diz respeito ao grau de aderência entre a distribuição de um conjunto de valores amostrais (observados) e determinada distribuição teórica específica, verificando se os valores da amostra podem razoavelmente ser considerados provenientes de uma população daquela distribuição teórica. O teste consta simplesmente da verificação do valor descrito na fórmula a seguir:

$$D = \max|F(x) - G(x)| \quad (1)$$

onde:

D: é a maior diferença encontrada entre as duas funções analisadas;

F(x): é a função de distribuição acumulada da normal teórica;

G(x): é a função de distribuição acumulada da amostra.

Normalmente, são estabelecidos níveis de significância estatística  $\alpha = 1\%$ ,  $5\%$  e  $10\%$  tendo as seguintes hipóteses a serem testadas:

$H_0$ : a amostra avaliada possui uma distribuição normal;

$H_1$ : a amostra não possui uma distribuição normal.

### 2.3.2.2 Teste de normalidade de Jarque-Bera

O teste de Jarque-Bera ( $JB$ ), é um teste assintótico para grandes amostras que pode ser facilmente implementado em chão de fábricas, não dependendo de maiores conhecimentos estatísticos. Esse teste baseia-se nos resíduos de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Inicialmente calcula-se a assimetria e a curtose dos resíduos de MQO utilizando-se da seguinte estatística:

$$JB = n \left[ \frac{A^2}{6} + \frac{(C - 3)^2}{24} \right] \quad (2)$$

onde:

$JB$ : Jarque-Bera

$n$ : tamanho da amostra

$A$ : assimetria

$C$ : curtose

Uma vez que, em uma distribuição normal, o valor da assimetria é zero e o da curtose é 3,  $(C - 3)$  representa na equação (2) o excesso de curtose. Sob a hipótese nula de que os resíduos se distribuem normalmente, Jarque e Bera mostraram que assintoticamente, a estatística  $JB$  segue a distribuição qui-quadrado com dois graus de liberdade. Assim, se o valor  $p$  da estatística qui-quadrado calculada em uma aplicação for suficientemente baixo, pode-se rejeitar a hipótese de que os resíduos seguem uma distribuição normal. Porém, se o valor  $p$  for razoavelmente alto, não há como rejeitar a hipótese de normalidade.

### 2.3.2.3 Gráfico normal de probabilidade

Processos gráficos podem ser usados para verificar a aderência dos dados experimentais a certos modelos teóricos. (COSTA NETO, 2000).

A construção do gráfico deve ser feita em um papel especial, denominado, “papel de probabilidades”, desenvolvido para diversas distribuições. Organizam-se os dados da amostra em ordem crescente e calcula-se sua frequência acumulada observada  $\frac{J - 0,5}{n}$ , plota-se no papel de probabilidade.

Para teste de distribuições normais o gráfico pode ser construído em um eixo cartesiano, onde o eixo horizontal corresponde a  $x_i$ , elementos da amostra e o eixo vertical, correspondem, aos escores normais padronizados  $Z_i$ .

$$\frac{J - 0,5}{n} = P(Z \leq z_j) = \Phi(z_j)$$

Plota-se os pares  $e$ , como no papel de probabilidades, se os pontos estiverem alinhados (ou aproximadamente alinhados), a hipótese  $H_0$  é aceita.

### 2.3.3 TESTE DA AUTOCORRELAÇÃO DOS DADOS

A autocorrelação é uma causa freqüente de excesso de alarmes falsos, e confirmada visualmente pelo padrão da seqüência de pontos no gráfico da média do processo. Segundo Montgomery (2000), o pressuposto mais importante com relação aos gráficos de controle é o da independência das observações, pois gráficos de controle convencionais não funcionam bem se a característica de qualidade apresentar, mesmo em níveis baixos, autocorrelação ao longo do tempo.

A correlação provoca os alarmes falsos porque torna a variabilidade dentro de cada amostra menor que a variabilidade total do processo e, em consequência, torna os limites do gráfico da média, os quais são calculados com base na variabilidade intra-amostral, excessivamente estreitos.

A autocorrelação de defasagem  $k$  é definida como:

$$\rho_k = \frac{Cov[Z_t, Z_{t+k}]}{\sqrt{Var(Z_t)Var(Z_{t+k})}} \quad (3)$$

onde:

$\text{Var}(Z_t) = \text{Var}(Z_{t+1}) = \gamma_0 = \text{variância do processo}$

$\rho_0 = 1$  e,  $\rho_k = \rho^{-k}$

As observações são independentes, quando todos os coeficientes da função de autocorrelação estiverem dentro dos limites de confiança, ou seja, de  $\pm 2$  desvios padrões. Normalmente é construído um correlograma para a análise da independência dos dados (SOUZA; CAMARGO, 2004).

## 2.4 GRÁFICOS DE CONTROLE

Para monitorar os processos e detectar presença de causas especiais, usam-se os gráficos de controle. Segundo Veit (2003) “gráficos de controle fazem parte de um método para análise e ajuste da variação de um processo em função do tempo”. Estes gráficos segundo Ramos (2003) “são instrumentos que mostram a evolução do nível de operação do processo e de sua variação ao longo do tempo”.

Para monitorar um processo é preciso conhecê-lo muito bem, esta etapa precede a construção dos gráficos, é uma etapa de aprendizagem. Nela devem-se conhecer os fatores que afetam a qualidade da característica que está sendo controlada, ela é a mais importante de todas, é aqui que se promove grande melhoria de qualidade.

O gráfico de controle é uma técnica de monitoração *on-line* do processo. Outra função dos gráficos de controle é estimar os parâmetros de um processo de produção, determinando a capacidade de um processo em atingir as especificações (MONTGOMERY, 2000).

Os gráficos de controle são compostos de três linhas paralelas, a linha central (LC), o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC). Estes limites devem estar dentro dos limites de especificação de engenharia. Os limites dos gráficos de controle são determinados com base na média e no desvio padrão da distribuição da característica de qualidade da variável quando o processo está isento de causas especiais, isto é, as medidas individuais são provenientes de uma mesma população. A teoria estatística desenvolvida por Shewhart (1931) para os cálculos dos limites de controle, para uma estatística  $W$  qualquer, com distribuição normal, é calculada a partir dos valores amostrais, e que tenha média  $\mu_w$  e desvio padrão  $s_w$  conhecidos, terá uma probabilidade próxima a um de estar no intervalo de  $\mu_w \pm 3s_w$ , segundo RAMOS (1995). Conseqüentemente, tem-se:

O limite superior de controle é:

$$LSC = \mu_w + 3s_w$$

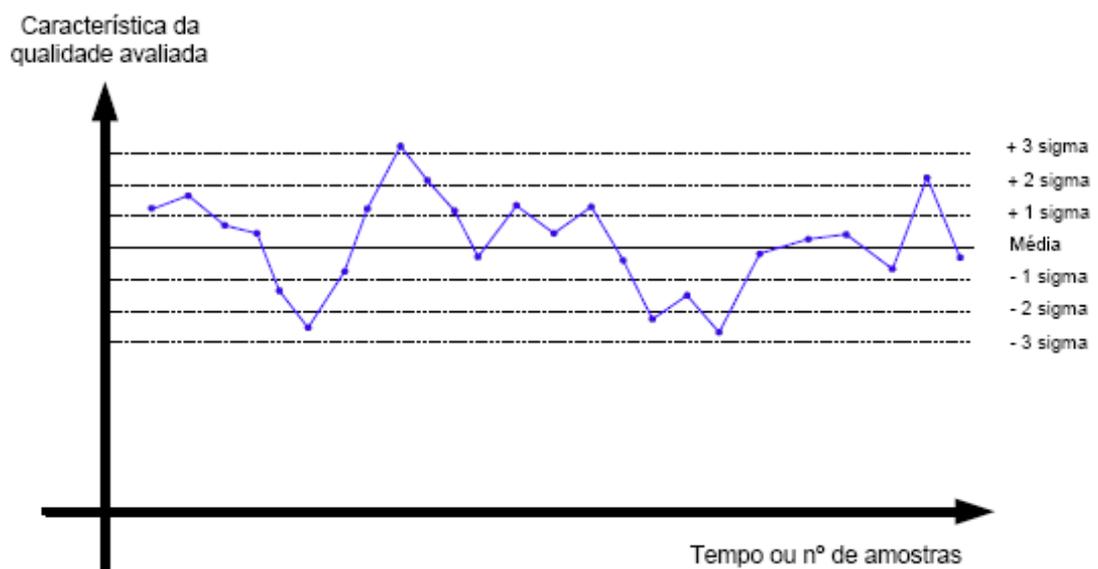
A linha central é:

$$LC = \mu_w$$

O limite inferior de controle é representado por:

$$LIC = \mu_w - 3s_w$$

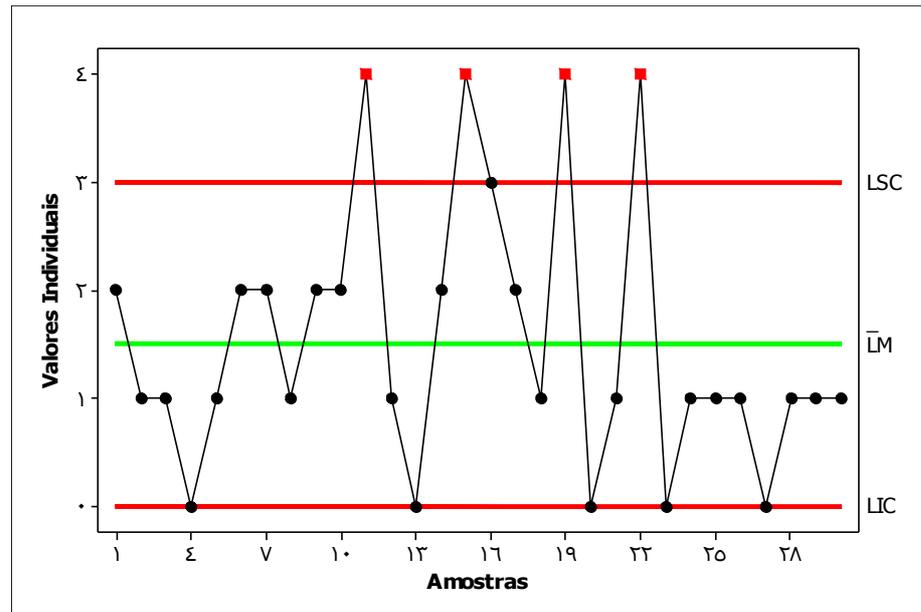
Na Figura 7, apresenta-se um exemplo de um gráfico de controle genérico para monitoramento de um processo produtivo.



**Figura 7 – Gráfico de controle genérico para monitoramento de um processo**

Fonte: Veit, 2003

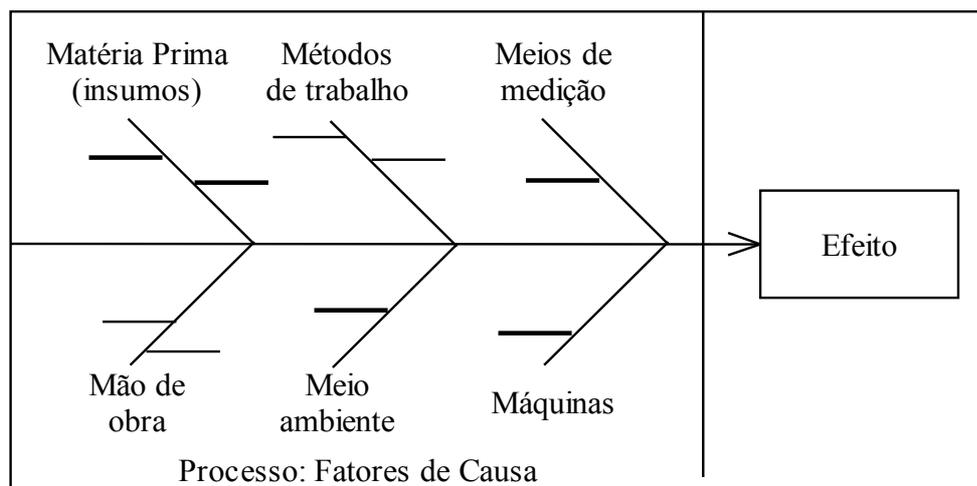
Na Figura 8, mostra-se um processo onde a característica X está sendo afetada por várias causas especiais, pois o comportamento gráfico é instável, os valores oscilam em torno de um valor acima do valor-alvo, ora oscilam abaixo e ora se afastam consideravelmente deste valor.



**Figura 8 – Gráfico de um processo instável**

Fonte: Elaborada pelo autor

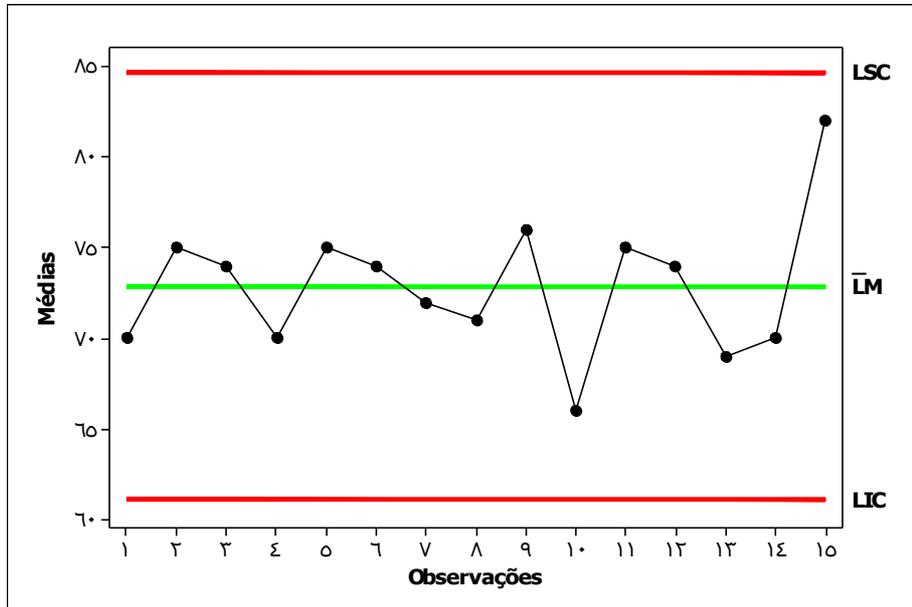
De acordo com a Figura 8, sabe-se que o processo está instável, é preciso eliminar todas as causas especiais. Para a identificação das causas especiais, pode-se utilizar o Diagrama de Causa e Efeito, representado pela Figura 9. Segundo Souza (2003) “este diagrama mostra a relação entre uma característica de qualidade e os fatores que a influenciam”. São realizadas reuniões onde todos opinam e elaboram uma lista com todos os fatores que possam ter afetado o processo. Desta lista decidem-se quais destes realmente estão agindo sobre o processo.



**Figura 9 – Diagrama de Causa e Efeito**

Fonte: Elaborada pelo Autor

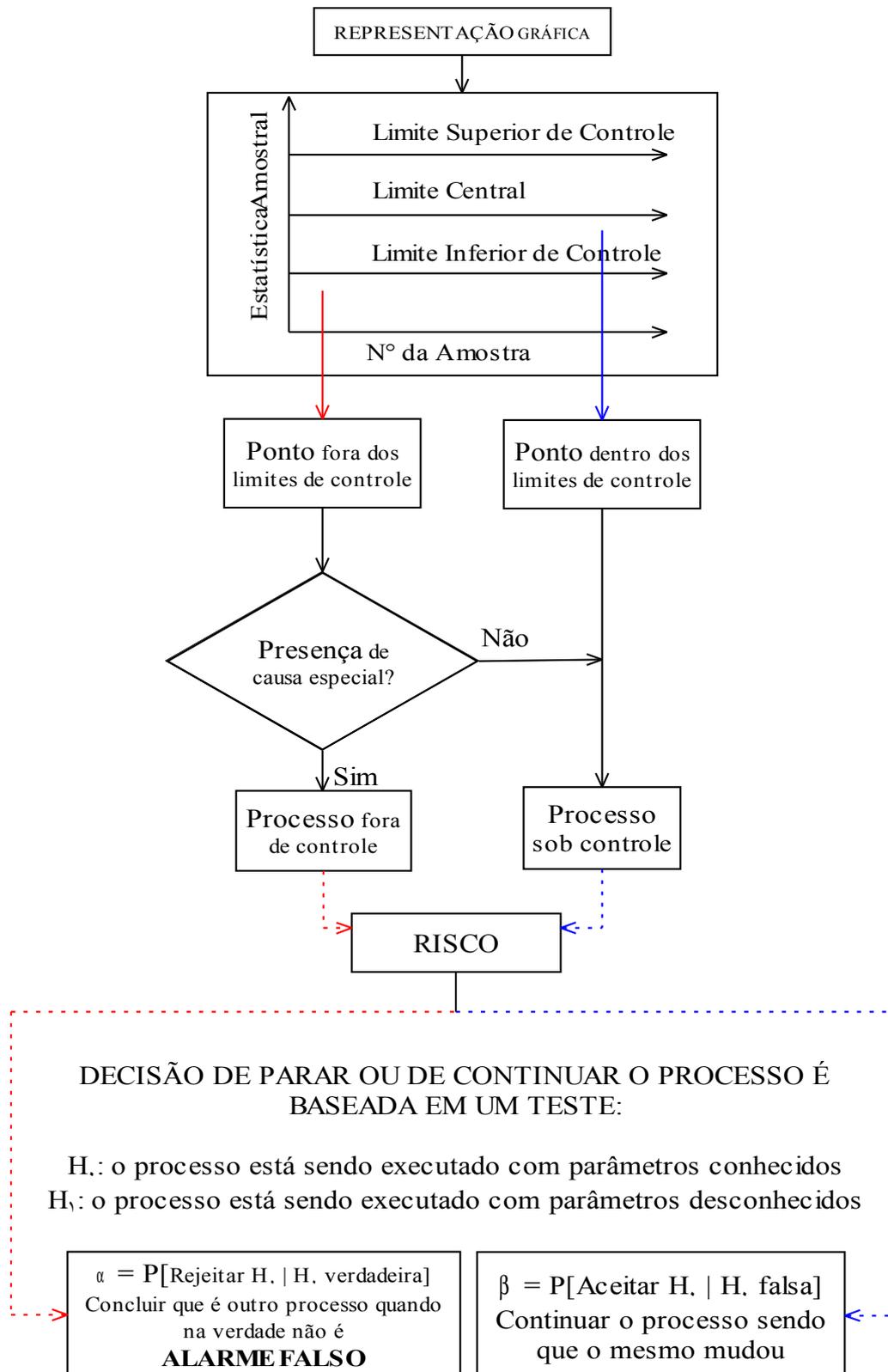
O próximo passo, depois de detectar as causas especiais, consiste em eliminá-las. Assim, o processo se ajusta e fica estável, o que pode ser visualizado na Figura 10.



**Figura 10 – Exemplo de gráfico com um processo estável e ajustado**

Fonte: Elaborada pelo autor

Nesta etapa, além da estabilização do processo, ocorre também à melhoria da qualidade. O esquema geral para o uso de gráfico de controle pode ser visualizado na Figura 11.



**Figura 11 - Esquema geral de utilização de um gráfico de controle**

Fonte: Adaptado de Rocha, 2004.

#### 2.4.1 TIPOS DE GRÁFICOS DE CONTROLE

Conforme o tipo de característica de qualidade a ser monitorada, os gráficos de controle classificam-se entre gráficos de controle para atributos e gráficos de controle para variáveis. Nos gráficos para variáveis as características analisadas na amostra são resultados de algum tipo de medição. Já no gráfico para atributos as características são resultados de uma classificação ou uma contagem.

Gráficos de controle para atributos sempre utilizam uma estatística de teste com distribuição discreta, enquanto a estatística amostral de um gráfico para variáveis possui uma distribuição contínua.

Finalmente, podem-se diferenciar os gráficos de controle dependendo se a decisão de interferir no processo é baseada unicamente no resultado amostral apresentado ou também em amostras precedentes. Gráficos de controle do tipo Shewhart somente utilizam o resultado amostral atual, sendo conhecidos como gráficos de controle sem memória. Gráficos de controle com memória, por exemplo, Somas Acumuladas (CUSUM) Médias Móveis Exponencialmente Ponderadas (EWMA), utilizam os resultados das amostras precedentes.

*Gráfico X* - É um gráfico de controle simples para atributos onde a estatística teste acumula as não-conformidades por unidades produzidas ou o número de unidades não conformes na amostra.

*Gráfico p* - É um gráfico de controle para atributos, o qual utiliza a proporção de unidades não-conformes na amostra como sua estatística de teste.

*Gráfico u* - Gráfico de controle para atributos. Sua estatística de teste é o acúmulo de não-conformidades por unidade física.

*Gráfico  $\bar{X}$  e  $\tilde{X}$*  - São gráficos de controle para variáveis com a média amostral e a mediana amostral, respectivamente, como a estatística de teste. Por conseguinte, estes gráficos são também chamados de gráfico da média e gráfico da mediana. Ambos têm o propósito de monitorar o nível do processo.

*Gráfico de R, Gráfico S e Gráfico  $S^2$*  - São gráficos de controle para variáveis onde a estatística de teste é a amplitude amostral, ou o desvio padrão amostral ou a variância amostral, respectivamente. Estes gráficos são também chamados de gráfico da amplitude, gráfico do desvio padrão e gráfico da variância, respectivamente. Eles monitoram a dispersão do processo produtivo.

*Gráfico de  $\bar{X} - S$ , Gráfico de  $\tilde{X} - R$ , Gráfico de  $\bar{X} - R_m$ , Gráfico  $\tilde{X} - S$ , Gráfico  $\tilde{X} - R$  e  $\tilde{X} - R_m$*  – São gráficos de controle para variáveis com rastreamento duplo e que utilizam a média amostral ou a mediana amostral para monitorar o nível do processo e o desvio padrão amostral, a amplitude amostral ou a amplitude móvel para controlar a dispersão do processo. Estes gráficos são apropriadamente chamados como acima, por exemplo, gráfico da média-amplitude no caso do gráfico  $\bar{X} - R$ .

Em função da característica de qualidade que foi estudada neste trabalho, os gráficos de controle para medidas individuais serão detalhados no item (2.4.2).

#### 2.4.2 GRÁFICOS DE CONTROLE ( $X_{ind}$ , $R_m$ )

Quando somente medidas individuais estiverem disponíveis, torna-se necessário o emprego dos gráficos de controle  $X_{ind}$  e  $R_m$ . O gráfico  $X_{ind}$  tem como objetivo controlar as medidas individuais do processo e amplitude móvel ( $R_m$ ) é definida como sendo a diferença (em módulo) entre duas amostras individuais consecutivos, que serve para o controle da variabilidade do processo (BUCHAIM et al, 1994; CAMARGO et al, 2004; MONTGOMERY, 2000).

Segundo Montgomery (2000), supondo-se um processo onde a característica de qualidade de interesse ( $X_i$ ) a ser controlada tenha distribuição normal com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ .

Se  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  são amostras resultantes das observações individuais, ou seja, amostras de tamanho  $n=1$  de distribuição com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sigma$  pois

$n=1$ , ou seja  $\bar{X} \sim N\left(\mu, \sigma_{\bar{X}}\right) = N(\mu, \sigma)$ . Assim, com as propriedades da distribuição normal, pode-se concluir que existe uma probabilidade igual a  $(1 - \alpha)$  de que a média do processo esteja entre  $\mu - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma$  e  $\mu + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma$ , ou seja, no intervalo de confiança

$$P\left(\mu - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma < \bar{X} < \mu + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma\right) = (1 - \alpha).$$

Utilizando-se o sistema  $\bar{x}\sigma$ , que consiste em fazer  $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 3$ . Neste caso, quando  $k=3$ , indica que 99,73% das observações da carta de controle estão no intervalo  $\mu \pm 3\sigma$ , ou seja,  $P(\mu - 3\sigma < \bar{X} < \mu + 3\sigma) = 0,9973$  que é a probabilidade de ocorrência das observações dentro desse intervalo. Através do sistema  $\bar{x}\sigma$ , podemos concluir que a probabilidade do gráfico emitir um falso alarme é igual a,  $(1 - \alpha) = (1 - 0,9973) = 0,0027$ , ou seja, 0,27% que é a probabilidade de ocorrência de valores fora do intervalo de  $(\mu \pm 3\sigma)$  considerado.

Usando  $\hat{\mu} = \bar{X}$  e  $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}_m}{d_2}$  como estimadores de  $\mu$  e  $\sigma$  respectivamente, a carta de controle para medidas individuais  $X_i$  fica definida com os seguintes parâmetros:

#### *Limite Superior de Controle*

$$LSC_x = \bar{X} + \frac{3}{d_2} \bar{R}_m \quad (4)$$

$d_2$ : é uma constante tabelada em função da amplitude móvel utilizada.

#### *Linha Média*

$$LM_x = \bar{X} \quad (5)$$

que representa o valor médio da característica de qualidade em estudo correspondente ao estado sob controle.

#### *Limite Inferior de Controle*

$$LIC_x = \bar{X} - \frac{3}{d_2} \bar{R}_m \quad (6)$$

onde:

- a média do processo é dada pela seguinte fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (7)$$

- a amplitude média do processo:

$$\bar{R}_m = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} R_{mi}}{n-1} \quad (8)$$

-  $d_2$  é uma constante tabelada em função da amplitude móvel utilizada.

O gráfico de controle para a amplitude móvel ( $R_m$ ) é definida como:

*Limite Superior de Controle*

$$LSC = D_4 \bar{R}_m \quad (9)$$

*Linha Média*

$$LM_x = \bar{R}_m \quad (10)$$

*Limite Inferior de Controle*

$$LIC = D_3 \bar{R}_m \quad (11)$$

-  $D_3$  e  $D_4$  : são constantes tabeladas em função da amplitude móvel.

#### 2.4.3 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

Os gráficos de controle monitoram a conformidade entre o estado desejado e o atual de um processo com relação a certas características de qualidade. A aplicação de um gráfico de controle supõe possuir o efeito de que mudanças indesejáveis no comportamento da característica de qualidade, por exemplo, uma mudança na média, um aumento na dispersão, um aumento no número de unidades não-conformes ou um aumento de não-conformidades, sejam identificadas e corrigidas tão logo quanto possível. Como consequência, a fração defeituosa do processo, ou respectivamente, a quantidade de reparos de não-conformidades é reduzida e consequentemente a produtividade aumenta.

Gráficos de controle que já cumpriram seu propósito, como instrumento do controle de um processo serve para a empresa como prova e documentação dos esforços da garantia da qualidade do produtor para o consumidor.

Finalmente, os gráficos de controle de processos podem também ser utilizados para avaliações internas da precisão do maquinário e ferramentas. Ainda, podem servir como

auxílio nas decisões sobre investimentos adicionais ou na programação de manutenção e/ou vistorias gerais.

#### 2.4.4 BENEFÍCIOS DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

Segundo Montgomery (2000), os gráficos de controle são instrumentos simples que permitem ao processo atingir um estado de controle estatístico (estado do processo em que estão presentes somente causas comuns de variação).

Podem ser aplicados pelos próprios colaboradores, que poderão discutir com os supervisores, engenheiros e técnicos através da linguagem dos dados fornecidos pelos gráficos de controle obtendo, assim, as informações necessárias para decidirem quando e que tipo de ações podem ser tomadas, para se corrigir e prevenir problemas no processo.

Os gráficos de controle servem para monitoramento do processo, mostrando, a ocorrência de um descontrole (presença de causas especiais), e/ou a tendência dessa ocorrência, evitando as frustrações e os custos de interferências (correções) inadequadas sobre o processo.

Ao melhorar o processo os gráficos de controle permitem:

- aumentar a porcentagem de produtos que satisfaçam exigências dos clientes;
- diminuir os índices de retrabalho dos itens produzidos e, conseqüentemente, dos custos de produção e aumentar a produtividade.

#### 2.5 ETAPAS DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

O controle estatístico de um processo produtivo para Hradesky (1989) e Montgomery (2000), envolve a realização das seguintes etapas consecutivas

- :- definição de um padrão a ser atingido;
- inspeção (medir o que foi produzido e comparar com o padrão);
- diagnóstico das não-conformidades (descrição do desvio entre o que foi produzido e o padrão);
- identificação das causas das não-conformidades/defeitos;
- ação corretiva para eliminação das causas;

- atualização dos padrões (produto ou processo).

## **2.6 FATORES NECESSÁRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO**

Segundo Hradesky (1989), para a implantação de um programa de controle estatístico de processo é necessário considerar os seguintes fatores:

- Produtos ou processos a serem controlados;
- definição dos respectivos padrões de identidade e qualidade e procedimentos operacionais;
- definições de defeitos críticos e toleráveis;
- métodos validados para avaliação das características de qualidade;
- infra-estrutura e recursos, próprios ou de terceiros, para a execução dos métodos de avaliação das características: instalações; equipamentos; reagentes; outros materiais de consumo; recursos humanos e recursos financeiros;
- definição do plano estatístico de amostragem:
  - avaliação dos riscos de amostragem que possam ser admitidos;
  - critérios de aceitação e rejeição;
  - tamanho dos lotes de inspeção;
- definição do método de inspeção: inspeção 100% e inspeção por amostragem: lotes contínuos e lotes isolados;
- definição dos pontos críticos de controle;
- definição dos procedimentos de inspeção e de tomada de amostra;
- definição dos procedimentos para a identificação, acondicionamento, transporte da amostra para o local de inspeção/análise e guarda da amostra;
- definição dos documentos para o registro de resultados e de observações: relatórios e/ou laudos;
- definição dos procedimentos de re-análise e de esclarecimento de litígios;
- definição dos procedimentos para reaproveitamento ou descarte de produtos.

## **2.7 CONDIÇÕES PARA SE IMPLANTAR UM CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO – CEP**

Conforme Hradesky (1989) e Montgomery (2000), as condições para se implantar um controle estatístico de processo são:

- Descrever o processo cuja história será documentada;
- definir os parâmetros a serem controlados;
- definir os critérios referentes à condição de controle (linha central) e a condição fora de controle (limites de controle) dos parâmetros selecionados;
- definir quais, como, quando e onde os dados serão coletados e registrados;
- definir os gráficos, as formas e a frequência de registro dos dados;
- definir os procedimentos a serem executados quando ocorrerem condições fora de controle;
- definir as atribuições e responsabilidades pelos procedimentos de controle dos processos;
- treinar a equipe para lançar e interpretar corretamente os dados nos gráficos;
- ter concluído os estudos sobre Capacidade de Inspeção, cujos resultados devem indicar que a capacidade é “aceitável”, numa escala “aceitável, marginal e inaceitável”;
- disponibilizar todas as planilhas de registro de dados nos locais apropriados ou próximos a eles.

## **2.8 CAPACIDADE DO PROCESSO**

Quando se deseja estudar a capacidade do processo, deve-se avaliar se um processo estável está apto a satisfazer o nível de qualidade a partir das necessidades do cliente, e os gráficos de controle constituem ferramentas para a avaliação da estabilidade de um processo (HRADESKY, 1989).

Um processo sob controle estatístico (estável) apresenta previsibilidade. É necessário o controle estatístico já estar estabelecido antes do cálculo da capacidade do processo. Se o processo não é estável, possui então comportamento imprevisível, não tem sentido, a sua avaliação. Somente processos estáveis devem ter sua capacidade avaliada.

Deve-se avaliar o processo através das especificações a partir dos desejos e necessidades do cliente. Esta avaliação constitui o estudo da capacidade do processo que é definida a partir da faixa de controle (limites de controle). Estando o processo sob controle e sendo verdadeira a suposição de normalidade, 99,73% dos valores da variável de interesse devem pertencer a esta faixa (JURAN, 1992). A amplitude desse intervalo,  $6\sigma$ , quantifica a variação natural do processo,  $\mu \pm 3\sigma$ .

Os processos estáveis são previsíveis, porque os valores de suas características de qualidade flutuam dentro de uma faixa denominada faixa padrão do processo ou faixa característica, ou seja,  $\bar{x} \pm 3\hat{\sigma}$ .

Representando a faixa de valores onde prevê que as maiorias dos valores devem estar, em torno de 99,7%, justificando, assim o nome faixa característica do processo. Quantificando a variação natural desse intervalo na amplitude de  $6\sigma$ .

1

### 22.8.1. ÍNDICES DE CAPACIDADE

Outra maneira de se analisar um processo estável é calcular a capacidade do processo, ou seja, conhecer a consistência do processo, pois um processo pode estar sob controle, mas fora das especificações. E segundo Dellaretti (1994) para a medição dessa capacidade utiliza-se os índices, ou seja, a comparação das especificações de engenharia, com a faixa característica do processo a qual pode ser feita por meio de índices de capacidade, fornecendo uma linguagem comum e de entendimento fácil para a quantificação e comparação do desempenho de processos.

Lembrando que os índices de capacidade são válidos apenas para processos sob controle e com distribuição próxima da normal.

Os índices de interesse são  $C_p$  e  $C_{pk}$ , pois revelam a uniformidade do processo, se esse processo atende um conjunto de especificações, a variação do processo e também as tendências naturais do processo.

O índice  $C_p$  indica a dispersão inerente ao processo, enquanto o índice  $C_{pk}$  indica o ajuste e a dispersão do processo, enquanto o índice  $C_p$  indica a dispersão inerente ao processo, enquanto o índice  $C_{pk}$  indica o ajuste e a dispersão do processo.

O índice de capacidade do processo pode então ser utilizado como base do sistema de medida da melhoria da qualidade do processo e permite quantificar a sua efetividade. É necessário confirmar a capacidade do processo sempre que se recalculam os limites de controle.

*Índice  $C_p$* : Mede a capacidade potencial do processo, ou seja, o que o processo poderia fazer, pois leva em consideração apenas a variação natural do processo, relacionando a faixa de variação permitida e a faixa real de variação do processo para especificações bilaterais:

$$C_p = \frac{T}{\sqrt{6}\sigma} = \frac{LSE - LIE}{\sqrt{6}\sigma} \quad (12)$$

onde:

$T = LSE - LIE$  é a faixa de tolerância e

$LSE$  = limite superior de especificação

$LIE$  = limite inferior de especificação

O desvio-padrão do processo  $\sigma$  normalmente é desconhecido, sendo então substituído porque é uma estimativa retirada das amostras, no cálculo do índice por  $\sigma$

$$\sigma = \frac{Rm}{d_4} \text{ ou } \frac{\bar{R}}{d_4}$$

O valor médio  $\mu$  normalmente é desconhecido, também é substituído por  $\bar{\bar{x}}$  que é a média das amostras.

Pode-se definir índice de capacidade do processo, utilizando as especificações unilaterais (Montgomery, 2004), ou seja:

- Apenas especificação superior

$$C_{PS} = \frac{LES - \mu}{\sqrt{6}\sigma} \quad (13)$$

- Apenas especificação inferior

$$C_{PI} = \frac{\mu - LEI}{\sqrt{6}\sigma} \quad (14)$$

*Índice  $C_{pk}$* : é à medida que também leva em conta a “centragem” do processo, além de sua variabilidade.

$$C_{pk} = \text{MIN} \left\{ C_{PS} = \frac{LES - \mu}{\sqrt{S}}, C_{PI} = \frac{\mu - LEI}{\sqrt{S}} \right\} \quad (15)$$

Nota-se que  $C_{pk}$  é justamente a  $C_p$  unilateral mais próxima da média do processo.

## 2.8.2 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. É comum adotar o valor de referência de 1,33. Esse valor indica que é possível trabalhar com uma dispersão de amplitude 6s dentro do campo de tolerância do produto.

Os valores  $C_p$  e  $C_{pk}$  dependem do intervalo de confiança determinado (PEARSON et al, 1992).

Os valores de  $C_p$  e  $C_{pk}$  se relacionam geralmente da seguinte forma:

- Quando  $C_p$  é alto, ou seja, maior do que 1,33 e  $C_{pk}$  é baixo, menor do 1, tem-se o caso típico em que a dispersão é adequada, porém a média está deslocada. Neste caso, as ações geralmente indicadas são operacionais, resumindo-se muitas vezes na regulagem de máquina para a centralização do processo. Porém, se um processo estiver produzindo itens 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;
- Quando o valor de  $C_p$  é baixo, neste 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 técnica quanto financeira.

No Quadro 1 encontra se a interpretação do índice  $C_{pk}$ , conforme Soares (2001).

**Quadro 1 - A interpretação do Índice  $C_{pk}$** 

$C_{pk}$	Interpretação da Confiabilidade	Ações a praticar	Relação do valor nominal e alinha central do processo
$C_{pk} > 2,0$	Altamente confiável. Processo Excelente	Operadores com perfeito controle do processo.	Processo centrado. $C_p = C_{pk}$ Processo fora do alvo $C_p \neq C_{pk}$
$1,33 \leq C_{pk} \leq 2,0$	Relativamente confiável. Processo capaz	Há necessidade dos operadores monitorar para evitar deterioração	Processo centrado $C_p = C_{pk}$ Processo fora do alvo $C_p \neq C_{pk}$
$1,00 \leq C_{pk} \leq 1,33$	Pouco confiável Processo relativamente incapaz	Necessário controle continuo por parte dos operadores	Processo fora do alvo, mas dentro dos limites de especificação. $C_{pk} < C_p$
$0 \leq C_{pk} \leq 1,00$	Processo incapaz. Pode-se ter produção defeituosa.	Necessário controle de 100% da produção pelos operadores	Linha central do processo dentro ou coincidindo com um dos limites de especificação (pode-se ter 50% de produção acima ou abaixo dos limites de especificação)
$C_{pk} < 0$	Não tem condições de manter as especificações. Processo totalmente incapaz.	Necessário controle de 100% da produção pelos operadores	Linha central do processo fora dos limites de especificação $C_{pk} < C_p$ . Toda produção fora dos limites de especificação $C_{pk} < -1$ .

FONTE: Soares (2001, p.64).

### 2.8.3 RELAÇÃO DO $C_p$ E $C_{pk}$ COM O PERCENTUAL DE DEFEITOS PRODUZIDOS

Uma das grandes vantagens de se utilizar o método de cálculo de  $C_p$  e  $C_{pk}$  é a possibilidade de relacionar estes índices com a taxa de defeitos produzida. Se um processo for representado pela distribuição normal, e 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  $6\sigma$ .

## **2.8.4 APLICAÇÕES DOS RESULTADOS NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PROCESSO**

Os resultados da avaliação da capacidade do processo, além de permitir a quantificação da eficácia do CEP, são fontes de informações para o desenvolvimento de novos produtos e processos, bem como para a determinação de prioridades de melhoria (DOTY, 1991; MONTGOMERY, 2004).

## **2.8.5 MEDIDA DE DESEMPENHO DA IMPLANTAÇÃO DA QUALIDADE**

Para se medir o desempenho da implantação da qualidade pode ser utilizado a curva dos custos em função da qualidade. Para se determinar os custos em função da qualidade, pode utilizar a seguinte equação:

$$C = Kq^2 + b \quad (15)$$

Onde:

C: custos finais do produto;

Q: qualidade;

K: constante;

b: constante – custo inicial

## **2.9 OUTRAS FERRAMENTAS BÁSICAS DE QUALIDADE**

Neste item, serão apresentadas outras ferramentas básicas da qualidade que serão utilizadas na elaboração da metodologia para a implantação do CEP.

### **2.9.1 FOLHA DE VERIFICAÇÃO**

A folha de verificação facilita a coleta e organização de dados. Nesta folha são especificados os dados que serão coletados e o número de ocorrências, sendo útil para verificar as não-conformidades mais frequentes. O resumo orientado no tempo é particularmente valioso na pesquisa de tendências ou outros padrões significativos, segundo MONTGOMERY (2004).

### **2.9.2 CICLO PDCA**

As rotinas de controle estão baseadas no ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action), ou seja, Planejamento, Execução, Verificação, Ação corretiva ou de melhora do processo. O método PDCA que se baseia no controle de processos, foi desenvolvido na década de 30 pelo americano Shewhart, mas foi Deming seu maior divulgador, ficando mundialmente conhecido ao aplicar os conceitos de qualidade no Japão (CAMPOS, 1992; PALLADINI, 1997).

### 2.9.3 MÉTODO DOS 5W2H

A recomendação do uso do 5W1H não é nova. O mais antigo registro encontrado nesse sentido está no "Tratado sobre Oratório" escrito por Marcus Fabius Quintilianus (entre os anos 30 e 100 d.C.). Esse tratado se refere a textos para discursos. Quintilianus observava que, para se obter a compreensão do público sobre qualquer tema era necessária a utilização do hexágono de perguntas (e respostas) contido em seu tratado. As seis perguntas básicas a serem respondidas para o êxito da comunicação eram: o que, quem, quando, onde, por quê e como (ANDRADE, 2003) .

No quadro 2 apresenta-se a descrição do método.

#### Quadro 2 - Descrição do método dos 5W2H

<b>Método dos 5W2H</b>			
<b>5W</b>	What	O Que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por Quê?	Por que a ação será executada a ação?
<b>2H</b>	How	Como?	Como será executada a ação?
	How much	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação.

A técnica 5W2H é uma ferramenta simples, porém poderosa para auxiliar a análise e o conhecimento sobre determinado processo, problema ou ação a serem efetivados.

## **2.10 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO NA ÁREA DE PINTURA**

Segundo Nunes e Lobo (1990), o esquema da pintura destina-se primordialmente a proteger a superfície onde a mesma é aplicada, da ação corrosiva do meio. Para se obter um bom resultado da pintura devem-se observar os fatores básicos, sem os quais não haverá proteção adequada, por longo período, a custo compatível com o valor e o tempo de vida esperada para a estrutura. Para tanto terão que ser definidos não só os fatores ou requisitos que determinam suas propriedades depois da aplicação, como também o seu desempenho ao longo do tempo, assim, deve-se observar todo o processo de pintura, antes, durante e depois.

Na área da pintura o desenvolvimento tecnológico colocou à disposição dos usuários tintas de ótimo desempenho, mas que necessitam de maiores cuidados na aplicação. Não é raro observar-se esquemas de pinturas que teoricamente seriam de grande desempenho, falharem muito rápido por má qualidade da aplicação (NUNES; LOBO, 1990).

A definição da qualidade, num esquema de pintura durante a aplicação, é explicitar as propriedades e o desempenho esperado. Deve-se definir o preparo da superfície (grau de limpeza e rugosidade), a especificação das tintas (desempenho, natureza química etc.), as espessuras de demão, os intervalos entre uma demão e outra e os ensaios a serem realizados, em um esquema aplicado, com os resultados a alcançar.

Soares e Guedes (2006), desenvolveram um trabalho que teve por objetivo a aplicação das ferramentas do controle Estatístico em um setor de uma Indústria de Transformador. A característica de qualidade selecionada para o estudo foi à espessura de tinta no transformador em suas várias partes (Corpo, Radiador, Tampa e Suporte). Da análise dos dados coletados resultaram vários planos de ação de melhoria no processo, culminando, em alguns casos, no controle estatístico do mesmo. Ao obter o controle estatístico do processo, foram estabelecidos os limites de controle que permitiram monitorar os processos, bem como calcular seus índices de capacidade.

## **2.11 ESTRATÉGIA COMPETITIVA E O CEP**

Segundo Certo e Peter (1993), quem realmente compreende a qualidade adquirem, uma real competitividade, que é fundamental para a sobrevivência das organizações. Porter (1980) sustenta que existem três estratégias competitivas em serviços: liderança global em custos, diferenciação e focalização.

O controle de qualidade para Porter (1980) é uma estratégia competitiva de diferenciação, que consiste na criação de um serviço que é percebido pelos clientes como único, representa um desafio significativo para os tipos de organizações. Essa estratégia também cria uma posição defensável contra as cinco forças competitivas, ou seja, as ameaças de novos entrantes, o poder de negociação que a empresa tem com os fornecedores, o poder de negociação com os clientes, as ameaças de produtos substitutos, e a concorrência entre as empresas existentes, proporcionando defesa contra as forças competitivas apoiando-se na lealdade dos clientes devido ao produto único e às altas margens associadas.

As atividades e tendências da qualidade nas últimas décadas passaram por grandes transformações. Existe uma revolução da qualidade orientada para o mercado e agora se começa a sentir seu impacto tanto no setor industrial quanto no de serviços. Além de produtos de alta qualidade os consumidores esperam excelência nos serviços.

A partir de 1990, as empresas brasileiras começaram a enfrentar a competição de produtos importados, desenvolvidos e produzidos em quantidade econômica, aportando num mercado brasileiro em que, na sua maioria, ainda não se preocupava com a competitividade. Fez-se necessário então buscar idéias e recursos para continuar a sobreviver, criando condições necessárias para que houvesse um despertar por parte das empresas, e dos executivos, em relação à qualidade (JURAN; GRZYNA, 1993).

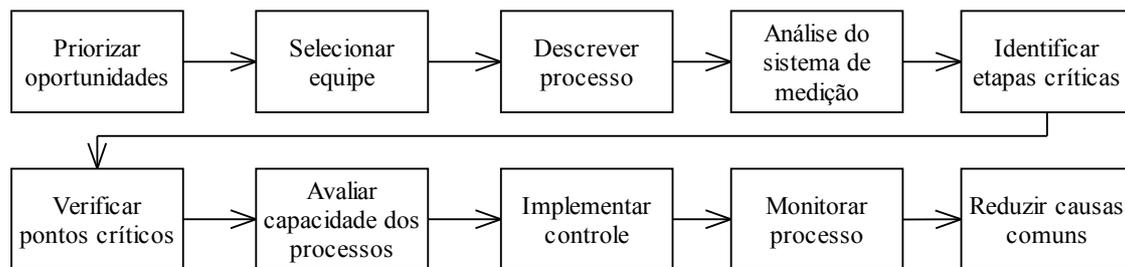
A utilização de forma correta das técnicas de controle de qualidade torna-se uma excelente arma na competitividade já que os tempos atuais requerem mais informações e recursos para se enfrentar condições instáveis e inesperadas.

## 2.12 ABORDAGENS DE IMPLANTAÇÃO DO CEP

Neste item, será apresentado um resumo das abordagens teóricas de implantação do CEP propostos por alguns autores de acordo com Schissatti (1998).

### 2.12.1 ABORDAGEM MOTOROLA

A abordagem Motorola do Programa Six-Sigmas apresenta a descrição da implantação do Controle Estatístico de Processo (SCHISSATTI, 1998). Esta abordagem está dividida em dez etapas, sendo constituindo um manual para obtenção da qualidade seis sigmas. A Motorola em 1988 obteve o prêmio norte-americano de qualidade Malcolm Baldrige. Na Figura 12, apresentam-se as principais etapas desta abordagem.



**Figura 12 – Etapas da abordagem Motorola**

*Etapa 1 - Priorizar oportunidades de melhoria (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Gerente

Descrição: Deve-se identificar e quantificar as oportunidades de melhoria. Especificar os problemas em termos de quantidade e local de ocorrência, modo de falha, indicando o impacto no cliente, confiabilidade e campo. Quantificar a redução de custo potencial.

Ferramentas: Gráficos de Pareto, Relatório de Confiabilidade, Relatório de falhas da qualidade, Custos da qualidade.

*Etapa 2 - Selecionar a equipe de trabalho (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Gerente

Descrição: Deve-se escolher um pequeno grupo de pessoas que tem conhecimento do produto e do processo, experiência, disciplina técnica, autoridade, tempo e habilidade de estudar e detalhar a área (processo) a ser estudada. Estabelecer e identificar a função do time e de cada membro. Identificar o líder que acompanhará o time e certificará que as atividades estão sendo realizadas. O time deve definir o quê e quanto deve ser executado.

Ferramentas: Selecionar os líderes e os membros, procurando assegurar que os membros sejam inter funcionais. Dimensionar o número ideal de participantes.

*Etapa 3: Descrever o processo (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Time

Descrição: Utilizar um diagrama de fluxo (diagrama de processo) para ilustrar as possíveis fontes de variações do processo. Incluir todos os equipamentos, pessoas, métodos, ferramentas, partes de máquina e instrumentos na descrição do processo. Identificar todas as relações (variáveis) conhecidas de entrada e saída de cada etapa do processo. Descrever, todos procedimentos e fluxos de trabalho alternativos.

Ferramentas: Diagrama de fluxo, Gráficos de Pareto, Dados Históricos, Definição de processo, Cartas de tendência.

*Etapa 4: Analise do sistema de medição (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Engenharia

Descrição: Determinar a precisão, acuracidade, repetibilidade e reprodutibilidade de cada instrumento ou meio de controle utilizado para garantir a capacidade dos processos. Assegurar que a sua resolução seja no mínimo 10 vezes menor que a especificação. O objetivo desta etapa é verificação de que a fonte de dados é confiável.

Ferramentas: Calibração, Estudo do Erro do Sistema de Medição.

*Etapa 5 - Identificar as etapas críticas (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Time

Descrição: Listar e descrever todos os processos críticos obtidos através de brainstorming, dados históricos, relatórios de campo, relatórios de falha, relatórios de falha nos processos e modele os problemas potenciais utilizando ilustrações gráficas.

Ferramentas: Carta para multi-variável, Diagrama de dispersão, Relatórios de análise de falhas, Cartas de tendência, Cartas de controle.

*Etapa 6 - Verificar os processos críticos (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Time

Descrição: Descrever a lista potencial somente dos problemas mais críticos. Identificar as relações de entrada e saída que podem afetar os problemas específicos. Verificar as causas potenciais de variabilidade do processo e problemas do produto por meio de experimentos de engenharia, diagramas de dispersão e cartas para multi-variáveis. Nesta etapa, deve-se assegurar que os dados sejam claros e estratificados.

Ferramentas: Experimentos Fatoriais, Gráficos, Análises, Brainstorming, Método Superfície de Resposta, Cartas de tendência.

*Etapa 7 - Avaliar a capacidade dos processos (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Engenharia

Descrição: Identificar e definir as limitações do processo. Assegurar que os processos sejam capazes de atingir o máximo de potenciais em termos de capacidade. Identificar e remover todas as variações devidas às causas especiais. Determinar quais são as reais especificações para cada processo.

A análise deve indicar se o processo é ou não capaz quando está em estado de controle estatístico. Assim, os índices devem ser no mínimo  $C_p \geq C_{pk} \geq 1,0$ . Se o processo não for capaz, ações devem ser tomadas para torná-lo capaz: re-projeto do equipamento e ou processo; re-projeto do produto; ações gerenciais. Se o processo for capaz pode-se passar para a etapa seguinte.

Ferramentas: Experimentos Fatoriais, Carta para multi-variável, Gráficos de Controle, Teste de normalidade, Transformação de dados, Método superfície de resposta, Planos de amostragem.

*Etapa 8 – Implementar o controle (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Time.

Descrição: Implementar ações corretivas de forma contínua para prevenir as causas especiais de variação. Demonstrar a previsibilidade do processo e estabilidade. Estabelecer o controle de processos baseado na prevenção de causas especiais utilizando-se técnicas estatísticas de controle.

Ferramentas: Gráficos de controle, Índices de qualidade, Relatórios de repetibilidade de instrumentos de medição, Relatórios de análise de falhas.

*Etapa 9 - Monitorar o processo (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Manufatura

Descrição: Desenvolver monitoramento ao longo do tempo, procurando-se evidenciar as melhorias. Os métodos, sistemas, práticas e procedimentos devem ser modificados para prevenir causas especiais de variação, sempre que necessários. Definir e especificar as limitações do processo. Identificar outras ações que sejam necessárias ao processo.

Ferramentas: CEP

*Etapa 10 - Reduzir causas comuns de variação (SCHISSATTI, 1998)*

Responsável: Gerente

Descrição: As limitações do processo devem ser reconhecidas. A abordagem de metas 6 sigmas só pode ser atingida por meio da redução de causas comuns de variação e através de projeto para a manufatura (Design for Manufacturing - DFM). Pois, quando as causas especiais são eliminadas permanecendo somente as causas comuns de variação. Reduções adicionais dessas variáveis requerem que se trabalhe no sistema na forma de re-projeto de equipamentos e sistemas. Neste contexto, torna-se necessário o comprometimento da direção.

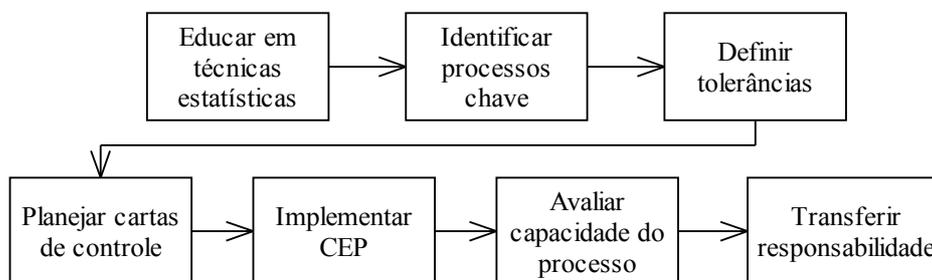
Ferramentas: DOE (Design of Experiments), CEP

O foco desta abordagem é a melhoria de processos, através da redução de variabilidade dos mesmos. Neste contexto, o CEP é apenas uma ferramenta direcionada a obtenção dessas melhorias e integrada dentro de um sistema que apresenta outras ferramentas estatísticas e gerenciais. Essa abordagem trata o CEP de forma não isolada, isto é, existe uma seqüência lógica de passos até se chegar ao uso das cartas de controle. As cartas de controle

são utilizadas somente nas etapas finais da metodologia, para controle e remoção de causas especiais. As outras técnicas ou ferramentas do sistema de melhorias são utilizadas desde a priorização dos problemas e processos críticos, através da utilização do gráfico de Pareto, até a determinação de variáveis que afetam estes processos, com a utilização de métodos de planejamento de experimentos (*DOE - Design of Experiments*). Uma característica relevante desta abordagem é importante por ser aplicável para processos já desenvolvidos, podendo ser adequada também para outras áreas do negócio da empresa.

### 2.12.2 ABORDAGEM BREYFOGLE III

Breyfogle adaptou a abordagem Motorola descrita no item anterior, orientada para processos de manufatura, para uma abordagem orientada para o desenvolvimento de produtos e processos (SCHISSATTI, 1998). Esta abordagem identifica o CEP inicialmente como um meio de avaliação de implementação e de melhoria de processos, sendo posteriormente utilizada pela manufatura como um sistema de melhoria contínua (SCHISSATTI, 1998). As etapas descritas são baseadas em, Breyfogle (1992, p. 338-343), citado no item "Abordagem Motorola". A Figura 13 destaca as principais etapas:



**Figura 13 – Etapas da abordagem Breyfogle III**

#### *Etapa 1: Educar em Técnicas Estatísticas (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Realizar treinamento em métodos estatísticos. O treinamento é fundamental para a solução de problemas e também para que se possam entregar produtos para os clientes com qualidade e a preços mais competitivos

Responsável: Engenharia

Ferramentas: Controle Estatístico de Processos, Experimentos Fatoriais Fracionados e Desdobramento da Função Qualidade.

*Etapa 2: Identificar processos chaves (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Definir todos os processos e elaborar os fluxos de processos que descrevem as etapas dos mesmos. Esses fluxos devem demonstrar todo o conhecimento agregado ao processo, e que a princípio não é suficientemente aparente. Ferramentas tais como Braisntorming e gráficos de Pareto, podem ajudar a identificar os pontos problemáticos dos processos e onde os mesmos podem ser melhorados. É importante estabelecer as variáveis dos processos que afetam a qualidade do produto que ainda estão na fase de desenvolvimento.

Responsável: Engenharia

Ferramentas: Braisntorming, análise de Pareto, Experimentos Fatoriais Fracionados, Experimentos Superfície de Resposta.

*Etapa 3: Definir tolerâncias dos parâmetros chaves (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Primeiro deve-se conhecer quais são os requisitos para satisfação dos clientes através da aplicação da ferramenta "Desdobramento da Função Qualidade". Após isso devem ser definidas as especificações dos parâmetros chaves que afetam estes requisitos (a qualidade do produto).

Responsável: Engenharia

Ferramentas: Desdobramento da função qualidade, técnicas estatísticas de determinação de tolerâncias, experimentos fatoriais fracionados.

*Etapa 4: Planejar a construção de cartas de controle, estabelecer limites de controle e planejar a avaliação dos índices de capacidade dos processos (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Estas ferramentas ajudam a avaliar o comportamento dos parâmetros dos processos e suas especificações ainda na fase de desenvolvimento do produto e do processo.

Responsável: Engenharia

Ferramentas: Coleta de dados, cartas de controle, avaliação da capacidade de processos

*Etapa 5: Implementar controle estatístico de processos e um sistema gerencial que garanta a melhoria (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: O CEP nesta etapa é uma ferramenta que ajuda a monitorar os parâmetros chaves ao longo do tempo. Isto é importante porque na implementação de processos existem tanto causas especiais quanto causas comuns em grande número. O

objetivo maior é estabilizar os processos e, um sistema gerencial de ações corretivas estimula a melhoria dos processos ainda durante a sua implementação.

Responsável: Engenharia

Ferramentas: CEP

*Etapa 6: Avaliar a capacidade de processos (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: A avaliação da capacidade deve ser realizada para os processos chaves que se encontram estáveis ao longo do tempo. O resultado dessa atividade pode ser uma lista de atividades para tornar estes processos mais robustos, de forma que possam atender as especificações planejadas. Algumas vezes será necessário mudar o projeto (do produto) e/ou processo para que a variabilidade seja reduzida. Parâmetros adicionais podem ser identificados após a execução destas atividades.

Responsável: Engenharia

Ferramentas: Avaliação da capacidade de processos

*Etapa 7: Transferir a responsabilidade pela melhoria contínua para a manufatura (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Os processos devem ser transferidos para a manufatura e esta deve assumir a responsabilidade em aplicar o CEP nos parâmetros importantes de forma a garantir a melhoria contínua.

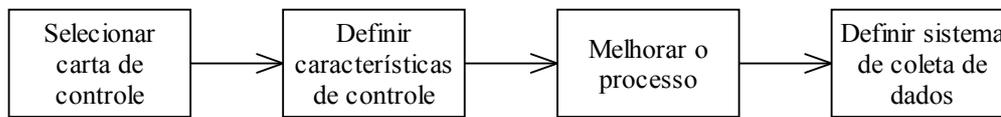
Responsável: Manufatura.

Ferramentas: CEP

Assim como na abordagem Motorola, esta considera o CEP como uma ferramenta dentro de um sistema maior de melhoria de produtos e processos. Um aspecto relevante é a responsabilidade atribuída à Engenharia, responsável em implantar os processos, pela implantação do CEP. Neste sentido, o CEP serve como uma ferramenta para avaliação e validação dos processos a serem implementados. A transferência de responsabilidade do gerenciamento dos processos para a manufatura somente acontece após estes serem capazes de atender as especificações planejadas. A partir daí o CEP pode ser utilizado como meio de obtenção de melhorias contínuas nos processos.

### 2.12.3 ABORDAGEM DE MONTGOMERY

Montgomery (1991, p. 248-256) descreve em seu livro "Introduction to Statistical Quality Control" uma seqüência de quatro etapas para implementação do CEP que o mesmo denomina de "Guia para implementação de cartas de controle". Brevemente, as etapas descritas por Montgomery são:



**Figura 14 – Etapas da abordagem Montgomery**

*Etapa 1: escolha a carta (gráfico) de controle apropriada (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Para a seleção das cartas de controle, que deverão ser utilizadas, devem-se observar as características que serão avaliadas, bem como os parâmetros que serão monitorados. Montgomery (1991) dividem-nas em 3 grupos as cartas (gráficos) de controle: carta  $\bar{X}$ -R (ou carta  $\bar{X}$ -S), cartas por atributos (p, c, u) e cartas para individuais ( $X_{ind}$ - $R_m$ ).

Para a utilização das cartas individuais Montgomery sugere que sejam seguidas as seguintes recomendações:

- É inconveniente ou impossível obter mais que uma medição por amostra, ou repetir medições que diferem apenas por erro de análise.
- teste automatizado ou inspeção mede todas as unidades produzidas. Nestes casos é também importante considerar as cartas Cusum e EWMA;
- os dados demoram muito tempo para serem disponibilizados e, esperar por mais medições para se obter uma amostra de maior tamanho pode ser inapropriado, pois as ações corretivas podem não ser executadas no tempo adequado.

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Conjunto de diretrizes para seleção das cartas de controle.

*Etapa 2: Determinar quais característicos devem ser controlados e onde as cartas de controle devem ser implantadas (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Montgomery (1991) define algumas diretrizes para seleção das características de controle e dos pontos no processo em que as cartas devam ser implementadas. De forma breve as diretrizes estabelecidas são:

- No início de um programa de CEP as cartas devem ser implementadas para produtos ou processos considerados importantes. As cartas fornecerão um feedback se os mesmos necessitam ou não de cartas de controle;
- as cartas de controle consideradas desnecessárias devem ser removidas. Novas cartas de controle podem ser exigidas pelos engenheiros e operadores e devem ser implementadas. No início do programa é comum se ter uma quantidade maior de cartas de controle. Depois, de o processo estar estabilizado, o número tende a diminuir;
- se as cartas de controle são utilizadas efetivamente e novos conhecimentos sobre as características do processo tornam-se necessárias, é de se esperar que o número de cartas por variáveis aumente enquanto o número de cartas por atributos diminui;
- no início do programa de CEP é normal que o número de cartas por atributos seja maior e estas sejam principalmente aplicadas nos controles e inspeções finais do produto. À medida que o tempo passa é de se esperar que as cartas por atributos sejam substituídas por cartas por variáveis e que sejam aplicadas em outros pontos anteriores do processo;
- cartas de controle são um procedimento de controle do processo on-line. Elas deveriam ser implementadas as mais próximas possíveis dos operadores, para que esses possam executar o feedback o mais rápido possível sobre o processo.

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Conjunto de diretrizes para seleção dos característicos de controle e pontos do processo em que as cartas devam ser implementadas.

*Etapa 3: Executar ações para promover a melhoria dos processos (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: As cartas de controle devem fornecer informações sobre dois aspectos: estado de controle estatístico do processo e sua capacidade. A relação entre esses dois fatores direciona as ações a serem executadas para promover a melhoria dos processos. Sempre as cartas de controle serão recomendadas para identificação de causas especiais (para os casos em que o processo está fora do estado de controle

estatístico) ou para fornecer uma visão da variabilidade do processo (para os casos em que o processo se encontra sob estado de controle estatístico). Como apresentado no quadro 3, se processo não for capaz é recomendável que se realizem experimentos planejados estatisticamente (DOE) para se verificar quais são as fontes de variação que fazem com que o processo não atenda às especificações:

**Quadro 3 – Análise do processo**

Situação		O processo é capaz?	
		Sim	Não
<b>O processo está sob controle ?</b>	Sim	CEP	CEP; DOE ; Análise das especificações
	Não	CEP	CEP; DOE; Análise das especificações

Responsável: Não define

Ferramentas: CEP, DOE e análise das especificações

*Etapa 4: Selecionar sistemas de coleta de dados e softwares computacionais (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Conforme Montgomery (1991) as diretrizes para seleção de equipamentos e softwares que possam ajudar na prática do controle estatístico de processos. Adicionalmente Montgomery disponibiliza uma lista de softwares estatísticos que podem ser oportunos na utilização das cartas de controle.

Responsável: Não é definido.

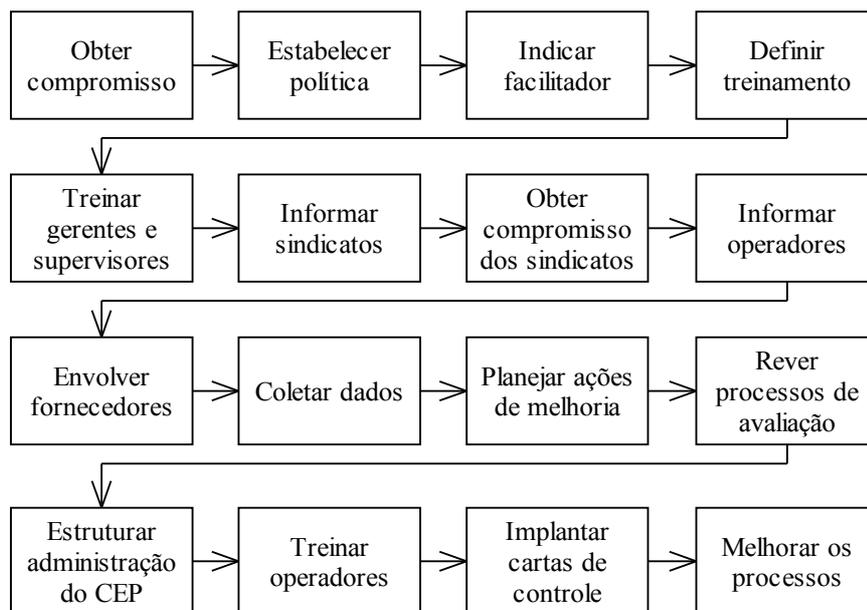
Ferramentas: Diretrizes para seleção de equipamentos de coleta de dados e de softwares estatísticos.

A abordagem Montgomery não integra o CEP com outras ferramentas da qualidade dentro de um sistema gerencial mais amplo, caracterizando desta forma o controle estatístico de processos como uma ferramenta isolada. Em nenhum momento Montgomery sugere ou indica, em seu guia, responsabilidades para execução das diversas etapas. Não citam também questões relativas a treinamento, envolvimento das pessoas e demais aspectos relacionados à operacionalização das etapas. Em contrapartida, Montgomery define um roteiro prático e abrangente das possibilidades para se selecionar os modelos de cartas de controle, as características de controle e os pontos em que as cartas devem ser implementadas. Por último,

Montgomery defende enfaticamente a utilização de softwares computacionais e equipamentos de coleta de dados.

#### 2.12.4 ABORDAGEM OWEN

Mal Owen em seu livro "SPC and continuous improvement" (1989, p. 315-328) e destaca as 16 etapas importantes para implementação de um programa de CEP. Owen demonstra que o CEP somente tem chances de ter sucesso se for implementado em um ambiente onde as barreiras e os paradigmas sejam facilmente quebrados, onde haja compromisso gerencial efetivo, onde os operadores sejam efetivamente envolvidos, a importância dos clientes reconhecida e outros aspectos fundamentais a implantação de uma metodologia de trabalho sejam também relevados (SCHISSATTI, 1998). Assim, as etapas propostas por Owen são:



**Figura 15 – Etapas da abordagem Owen**

*Etapa 1: Obter compromisso (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: É necessário inicialmente obter-se o compromisso efetivo da alta administração, pois neste aspecto o CEP não difere dos demais programas de melhoria da qualidade. Owen sugere algumas diretrizes para que esse compromisso seja realmente obtido. Após a obtenção do compromisso um plano geral de implementação pode ser elaborado (SCHISSATTI, 1998).

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: realização de seminários gerenciais e a participação de consultores externos.

*Etapa 2: Formular uma política, ou seja, uma diretriz (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: É necessário formar um comitê de gerentes responsável pelo programa e indicar também um facilitador, descrito na etapa. Esse comitê em conjunto com o facilitador deve estabelecer um plano geral que contemple as principais diretrizes do programa de CEP. Esse plano deve conter: os objetivos gerais, as responsabilidades gerenciais, a estratégia de treinamento, os recursos necessários para execução do programa, as necessidades financeiras e um cronograma.

Responsável: Comitê

Ferramentas: Não é definido.

*Etapa 3: Indicar um facilitador (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: A principal função do facilitador é estabelecer, desenvolver e monitorar o programa de CEP. Dependendo do tamanho da organização talvez seja necessário indicar mais do que um facilitador (SCHISSATTI, 1998). Owen destaca também as principais funções e/ou responsabilidade do facilitador. Uma das principais é de ser o treinador, de fornecer suporte às áreas que se propõem a implantar o CEP. O mesmo atribui ao facilitador uma enorme responsabilidade sobre o programa, pois chega a admitir que sem um facilitador um programa de CEP não terá sucesso (SCHISSATTI, 1998). Owen também destaca as principais características ou habilidades que essa pessoa deve ter: boa comunicação, interesse em análises estatísticas práticas, adequado relacionamento com o chão-de-fábrica, ter a confiança de todos os níveis da organização e ser um entusiasta do CEP (SCHISSATTI, 1998).

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Não são definidas.

*Etapa 4: Definir uma estratégia de treinamento (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Uma estratégia especial de treinamento necessita ser definida. Essa estratégia deve levar em consideração alguns fatores tais como: Quantas pessoas necessitam ser treinadas? Quais os tipos diferentes de cursos que necessitam ser desenvolvidos? Quem fará o treinamento? Quantas as pessoas serão treinadas? Os treinamentos serão feitos fora ou dentro da empresa?

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Não são definidas.

*Etapa 5: Treinar gerentes e supervisores (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Depois de definida a estratégia de treinamento é importante realizá-los inicialmente com os gerentes e, em seguida com os supervisores. É importante que o treinamento seja complementado com uma atividade prática. Assim, ao final do treinamento formal cada pessoa recebe a tarefa de selecionar um processo crítico e definir para o mesmo o tipo de carta de controle a ser utilizado, coletar dados, calcular limites de controle (SCHISSATTI, 1998). Neste sentido o facilitador tem um papel fundamental, pois o mesmo deve prestar suporte técnico às áreas interessadas (SCHISSATTI, 1998).

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Apresentação de consultores externos e seminários gerenciais.

*Etapa 6: Informar aos sindicatos (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Para os casos em que for necessário o envolvimento do sindicato é importante conscientizá-lo da importância do CEP.

Responsável: Não define

Ferramentas: Apresentação de consultores externos e seminários gerenciais.

*Etapa 7: Obter compromisso dos sindicatos (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Após a conscientização é importante a obtenção do comprometimento do sindicato.

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Não são definidas.

*Etapa 8: Informar os operadores (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: o próximo passo é declarar aos operadores que o CEP será implantado. Neste contexto, é importante ressaltar que dependendo do tamanho da organização técnicas especiais de comunicação devem ser utilizadas. Se a empresa for pequena talvez uma declaração direta do Gerente Geral ou Diretor já seja suficiente. É importantes destacar a importância do CEP, os motivos que levaram á sua

implantação e o que mudará nas "vidas" das pessoas. É importante lembrar que esta atividade de comunicação ainda não envolve treinamento.

Responsável: Diretor, gerente geral.

Ferramentas: Técnicas de apresentação, vídeos.

*Etapa 9: Envolver fornecedores (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Muito provavelmente as melhorias a serem obtidas com a implantação do CEP dependam da participação dos fornecedores. A melhoria dos processos pode, algumas vezes, depender diretamente da melhoria da qualidade da matéria-prima. Assim é importante envolver desde o início os fornecedores-chave na implantação do CEP. A implantação do CEP em uma empresa cliente pode acarretar na implantação na base fornecedora também. Essa prática tem sido observada freqüentemente nas indústrias automobilísticas.

Responsável: Não define.

Ferramentas: Seminários gerenciais, treinamento, etc.

*Etapa 10: Coletar dados (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: o CEP requer dados corretos, coletados no tempo certo, no local certo e pela pessoa certa. Neste aspecto, é importante preparar o ambiente para a adequada coleta de dados. Além disso, os dados coletados e devidamente estratificados permitirão aos gerentes definir as prioridades em termos de áreas pilotos para implantação.

Responsável: Gerentes.

Ferramentas: Gráfico de Pareto.

*Etapa 11: Planejar um plano de ação para os sinais de falta de controle (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: É importante delinear uma estratégia para tratar as causas especiais quando elas ocorrerem (SCHISSATTI, 1998). Em termos de responsabilidades, inicialmente, é importante utilizar a experiência e habilidade dos operadores para promover a investigação, bem como a execução de ações para eliminar as causas especiais que por ventura apareçam. É também prudente esperar que nem todas as causas que surgirem serão prontamente identificadas e eliminadas pelos operadores da

linha de frente. Nestes casos, é importante formar uma força tarefa (grupo de trabalho) para auxiliar os operadores. Muitas vezes esses grupos serão interdepartamentais. Adicionalmente à definição de responsabilidades é também fundamental estabelecer algumas diretrizes. Uma das mais importantes é estabelecer, que a produção será paralisada sempre que houver a evidência da presença de uma ou mais causas especiais. Outras diretrizes importantes também devem ser estabelecidas (SCHISSATTI, 1998).

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Não são definidas.

*Etapa 12: Rever os processos de avaliação da qualidade (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: é importante eliminar os métodos tradicionais de avaliação da qualidade. Neste sentido, instrumentos de medição por atributos devem ser paulatinamente substituídos por instrumentos por variáveis. Essa última categoria de instrumentos fornece muito mais informações sobre o processo dos que as por atributos.

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Não são definidas.

*Etapa 13: Estruturar a administração do CEP (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: É importante estruturar a maneira como o CEP será administrado durante e após a implantação. Procedimentos devem ser elaborados e toda a estrutura de suporte e apoio deve ser planejada. Exemplos de atividades de apoio são: preparação e atualização das cartas de controle, fornecimento de formulários, formação e acompanhamento dos grupos de trabalho (força-tarefa) e avaliação da capacidade de processos (SCHISSATTI, 1998).

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Não são definidas.

*Etapa 14: Treinar os operadores (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Uma vez estruturado a implementação do CEP o passo seguinte deve ser o treinamento daquelas pessoas que irão utilizar diretamente as cartas de controle. É importante que esse programa de treinamento contemple também um treinamento prático, no local de trabalho (SCHISSATTI, 1998). É importante lembrar que os

operadores devem ter um treinamento que não se reduza à sala de aula ou de treinamento, pois esses precisarão conhecer fundamentalmente como as cartas de controle funcionam na prática (SCHISSATTI, 1998).

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Vídeos, slides e outras técnicas de treinamento.

*Etapa 15: Implementar as cartas de controle (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Depois do treinamento operacional, realiza-se a implantação das cartas (gráficos) propriamente dita (SCHISSATTI, 1998). Neste momento os operadores devem ser motivados a assumir a responsabilidade pelo controle do processo. Adicionalmente, é necessário se ter evidências de que uma forte estrutura de apoio gerencial está efetivamente disponível para auxiliar os operadores no controle do processo (SCHISSATTI, 1998).

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Cartas (gráficos) de controle.

*Etapa 16: Melhorar os processos (SCHISSATTI, 1998)*

Descrição: Após a introdução das cartas de controle deve-se iniciar o ciclo de melhoria. O ciclo deve ser estabelecido e implementado eficazmente. As principais etapas são: considerar as cartas de controle utilizadas, detectar e eliminar as causas especiais, bem como recalcular e os limites de controle (SCHISSATTI, 1998). Deve-se repetir este procedimento até que o processo atinja o estágio de desempenho considerado ideal pela empresa. A aplicação deste ciclo requer tempo e recursos financeiros para investimento. Mas é o único caminho a seguir, para se obter sucesso em termos de qualidade.

Responsável: Não é definido.

Ferramentas: Não são definidas.

Desta forma como Montgomery, Owen considera o CEP como uma ferramenta isolada de melhoria, sendo que no conjunto sua proposta de implementação é bem detalhada. A metodologia de Owen considera os elementos que influenciam diretamente na mudança organizacional. Assim, o CEP é um programa de melhoria da qualidade que precisa do apoio de todas as partes da organização. Schissatti (1998), faz uma observação, que sob ponto de

vista prático as etapas propostas por Owen, por serem muito detalhadas, necessitam ser analisadas caso a caso, de acordo com o tamanho e características de cada organização.

A indicação de um ou mais facilitadores parece ser bastante necessário, mas é importante definir até que ponto vão as responsabilidades dessa função. Se o compromisso das áreas envolvidas não for efetivo, essa função pode acabar executando atividades que vão além de suas responsabilidades (SCHISSATTI, 1998).

O envolvimento de fornecedores na implementação do CEP é nos dias atuais um estágio avançado. É necessário estabelecer um ambiente de parceria fundamentada na melhoria da qualidade. A aplicação de técnicas de qualidade mais específicas de forma integrada e cooperativa tanto na empresa cliente quanto na fornecedora é um estágio bastante avançado no caminho de melhoria permanente da qualidade (SCHISSATTI, 1998)

Outro aspecto abordado por Owen (1989) é a estruturação e corrente participação da equipe de apoio. Em outras palavras ele destaca que o CEP não deve ser definitivamente delegado aos operadores até que estes tenham pleno domínio do método de controle de processo (SCHISSATTI, 1998).

### 3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos nesta dissertação, se faz necessário indicar o tipo de estudo da pesquisa. Desta forma, esta pesquisa possui um enfoque descritivo, por se tratar de uma pesquisa que busca identificar e analisar uma realidade e, para Triviños (1995), o foco essencial destes estudos reside no desejo de conhecer a comunidade e tem a pretensão de descrever com exatidão os fatos e fenômenos relacionados a esta realidade.

Nesta mesma linha, Gil (1995), diz que “as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial à descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”.

O método de pesquisa científica do ponto de vista da natureza e da forma de abordagem do problema proposto para nesta pesquisa enquadrou-se, de acordo com Silva e Menezes (2005), na categoria de pesquisa aplicada quantitativa.

Esta pesquisa, do ponto de vista de sua natureza, é aplicada, pois, segundo Silva e Menezes (2005) “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos, ou seja, é uma pesquisa aplicada quantitativa tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos com o uso de recursos e técnicas estatísticas, que no caso é de aplicar a metodologia de controle de processo na monitoração e análise do processo de pintura da empresa” METASA “.

Quanto aos procedimentos técnicos o presente trabalho de pesquisa utilizou o estudo de caso, procedimento justificável pelo caráter exploratório, quantitativo da pesquisa (TRIPODI et al., 1975).

Conforme Cooper e Schindler (2003), um estudo de caso bem planejado pode representar um desafio importante para uma teoria e, simultaneamente, ser a fonte de novas hipóteses e constructos.

Segundo Yin (1994, 2001), nos estudos de caso existe cinco componentes importantes, que são: a) as questões de um estudo precisam ser claras quanto a sua natureza; b) as proposições de estudo devem ser examinadas uma a uma, alguns estudos não possuem proposições; c) unidade de análise destina-se a definir o que é um “caso”. As informações são coletadas e são colocadas proposições específicas, assim a pesquisa permanecerá dentro dos limites exequíveis; d) lógica que une os dados às proposições é adequação ao padrão onde

várias partes da mesma informação do mesmo caso podem ser relacionadas à mesma proposição teórica; e) critérios para a interpretação das descobertas do estudo o que se espera é que os diferentes padrões estejam contrastando, de forma clara e suficiente, que as descobertas podem ser interpretadas em termos de comparação de, pelo menos, duas proposições concorrentes.

Segundo Gil (1995), estudos de casos, caracterizam-se por grande flexibilidade. Assim, não há um procedimento fixo para todos os casos, cabendo ao pesquisador estabelecer as etapas específicas de sua pesquisa.

Foi utilizada, também, a pesquisa bibliográfica com base em materiais como livros, artigos de periodicos, base de dados, internet e outros disponíveis. Isso possibilitou o melhor entendimento do problema de pesquisa e a escolha da técnica do CEP a ser utilizada.

O desenvolvimento desta dissertação foi realizado em quatro etapas:

*Primeira etapa:* Revisão bibliográfica

Esta etapa envolveu a revisão bibliográfica sobre controle estatístico de processo, bem como das abordagens para a implantação do CEP.

*Segunda etapa:* Coleta de dados.

Dados são números e fatos brutos não analisados, enquanto informações são dados que foram organizados ou analisados de modo significativo (STONER; FREMAN, 1999). Nesta etapa foram coletados os dados referentes ao processo de pintura da empresa Metasa situada em Marau, Rio Grande do Sul, Empresa que projeta, desenvolve, fabrica e comercializa estruturas metálicas para edifícios de andares múltiplos, edifícios para processos, pavilhões industriais, pontes, torres, *pipe racks* e *shopping centers*, no período de agosto a novembro de 2000. Foram realizadas várias reuniões com a alta direção da empresa e com a equipe responsável pela pintura.

Para a coleta de dados, utilizou-se o diário de bordo, a fim de agilizar o processo de coleta de dados (Anexo 4).

*Terceira etapa:* Tratamento dos dados.

Vergara (1998) afirma que o tratamento de dados refere-se àquela seção na qual se explica para o leitor como se pretende tratar os dados, justificando por que tal tratamento é adequado aos propósitos desta pesquisa. Assim, os dados analisados nesta pesquisa levaram em consideração os objetivos pré-definidos. Nessa etapa, inicialmente os dados foram

preparados para a construção dos gráficos de controle e da análise da capacidade do processo. Foram realizados testes de normalidade e de independência dos dados. Num segundo momento foram construídos os gráficos de controle e calculado os índices de capacidade.

*Quarta etapa:* Análise dos Resultados.

Nesta última etapa, se discute os resultados obtidos com a implantação do CEP na unidade de pintura da empresa em estudo, realiza-se uma análise de custos e apresentam-se sugestões para trabalhos futuros.

## 4 ESTUDO DE CASO

Neste item, é apresentada a Empresa onde se desenvolveu este trabalho de pesquisa, bem como a aplicação da metodologia do controle estatístico de processo no setor de pintura da Empresa Metasa.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Em 30 de dezembro de 1975, na cidade de Marau, Rio Grande do Sul, através de um grupo de empresários liderados por Antônio Roso, hoje atual Presidente da Empresa, foi fundada a Metasa S.A. Indústria Metalúrgica, uma das pioneiras no ramo de segmento de estruturas metálicas.

Produzindo inicialmente esquadrias e implementos agrícolas, em 1981 a METASA lançou-se na fabricação de estruturas metálicas, assumindo lugar de destaque entre os fabricantes nacionais, iniciando, assim, a busca da excelência de seus produtos e satisfação dos seus clientes.

Em março de 2004 os principais acionistas da Metasa decidiram buscar no mercado um executivo para profissionalizar a gestão da empresa. A contratação do novo Diretor Superintendente aconteceu em agosto de 2004 e em janeiro de 2005, iniciou-se o processo de transição do comando da empresa, quando toda a responsabilidade foi transferida para os atuais diretores Luiz Carlos de Lima (Diretor Superintendente) e José Eliseu Verzoni (Diretor Comercial). A partir de maio de 2005 foi constituído o Conselho de Administrativo, tendo como Presidente o Sr. Antônio Roso e como Vice-Presidente o Sr. Ari Antônio Roso, e mais três conselheiros.

Hoje a METASA destaca-se no mercado pela aplicação de soluções diferenciadas de Engenharia em Edificações e Componentes Metálicos com tecnologia e qualidade superior. A METASA projeta, desenvolve, fabrica e comercializa estruturas metálicas para edifícios de andares múltiplos, edifícios para processos, pavilhões industriais, pontes, torres, *pipe racks* e plataformas *off shore*.

Com a perspectiva de expansão do mercado petrolífero a Metasa investe na capacitação de seus colaboradores, em máquinas e equipamentos para atender esta demanda e consolidar-se neste mercado. Contando com profissionais qualificados para desenvolver desde o cálculo estrutural, projeto básico, detalhamento de projeto e finalmente a geração das conformações

totalmente revisadas que são enviadas via rede para as máquinas CNC, a Metasa tem assegurado a qualidade de seus produtos. Fruto disso, a planta industrial de Marau passou a contar com novos prédios para fabricação e conta com o recebimento de equipamentos de última geração para duplicação da capacidade produtiva. Esse desenvolvimento se estende também à unidade de Santo André, SP, que está em fase de expansão.

Os investimentos constantes em *softwares* de engenharia possibilitam apresentar uma visão geral e prévia da obra real bem como permite maior agilidade no desenvolvimento do projeto. Para viabilizar a execução das obras, todas as etapas dos processos são planejadas criteriosamente para que o resultado seja o especificado pelo cliente. Desde a concepção do projeto, fabricação e transporte até a montagem das estruturas metálicas.

A estrutura para produção conta com vários equipamentos como puncionadeiras, furadeiras, banco de solda, gabarito, endireitadora, jato de granalha turbinado, desbobinadeira, oxicorte, dobradeira, pontes rolantes, empilhadeiras, entre outros. A qualidade dos produtos pode ser vista em várias obras no Brasil e no Mercosul, como: UNIT, Campus Goiânia, Uberlândia e Rio de Janeiro, Kvaerner Veracel e Suzano na Bahia, CVRD e Sandvik MGS no Pará, Intecnial na Argentina, Módulos para a Plataforma P-53, VLP em São Paulo, entre outros pavilhões metálicos e pontes e passarelas para pedestres.

Se analisarmos a linha do tempo da Metasa, podemos verificar que a empresa sempre teve mudanças de patamares de crescimento após entrar em novos nichos de mercado, como o momento do auge no segmento dos *shoppings centers*, dos edifícios de múltiplos andares, dos pavilhões metálicos, mais recentemente das pontes e viadutos, dos edifícios de processos, hoje no ápice das estruturas metálicas para o segmento de papel e celulose e a entrada em 2005/2006 no mercado de estruturas para módulos de plataformas *off shore*, da Petrobrás.

A Metasa tomou consciência da oportunidade de entrar em um novo ciclo de crescimento, não somente financeiro como também um salto no padrão de qualidade dos seus produtos. É sem dúvida a fatia de mercado de maior exigência na qualidade dos seus processos produtivos e coloca a Metasa como sendo uma das duas únicas empresas da América do Sul qualificada para fornecimento de estruturas metálicas de plataformas marítimas.

Para atender essa demanda, a Metasa conta hoje com aproximadamente 600 colaboradores e com duas unidades fabris, uma em Marau, RS e outra em Santo André, SP, além do Escritório Comercial em Porto Alegre, RS e São Paulo, SP. A planta de Marau está

sendo ampliada, onde no segundo semestre de 2008 contará com uma capacidade de produção duplicada, aproximadamente 3.500 ton/mês. A produção extra desta unidade será destinada ao mercado nacional. Setores como de papel e celulose, petroquímico e do petróleo apresentam uma forte demanda por estruturas metálicas.

E, do mesmo modo que busca cada vez mais crescer no mercado, a Metasa também se preocupa com a melhoria da qualidade de vida dos seus colaboradores. Por isso, promove programas e oferece benefícios que fortalecem o relacionamento e o comprometimento com os resultados da Empresa.

Desde 2003, a Metasa conta com um programa de prevenção ao uso de drogas que atende necessidades internas e da comunidade em geral. A partir de 2006, teve início a estruturação do trabalho do Programa de Gestão Ambiental, que visa o comprometimento e preocupação da empresa para com as futuras gerações. A Metasa já está consolidada como sinônimo de Qualidade. Agora almeja ser considerada referência de Responsabilidade Social e Ambiental.

A seriedade, ética e a honestidade com que a empresa foi e tem sido administrada nunca permitiu que a mesma abrisse mão do padrão de qualidade de seus produtos e dos compromissos assumidos junto aos seus clientes. Toda estratégia de crescimento da Metasa, sempre foi realizada com muita responsabilidade financeira, econômica, fiscal, social e ambiental. Isto explica a solidez da Metasa durante estes 32 anos de história completados no último dia 30 de dezembro.

É neste contexto que se justifica a realização deste estudo de pesquisa sobre a implantação do Controle Estatístico de Processo nesta Empresa.

## **4.2 ETAPAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO CEP**

Com base nas abordagens descritas no capítulo anterior, estabeleceu-se a seguinte seqüência de etapas (*framework*), que foi considerada mais apropriada para a empresa em estudo:

#### 4.2.1 ETAPA 1 - FORMAÇÃO DA EQUIPE DE IMPLANTAÇÃO

A equipe de implantação foi formada pelo gerente da qualidade, analista da qualidade, supervisor de produção, um operador de máquina e um pintor. Nesta etapa também foram definidas as pessoas responsáveis pelas ações sobre o sistema quando fosse detectado um estado de descontrole estatístico e também definido que ações deveriam ser tomadas.

#### 4.2.2 ETAPA 2 - DEFINIÇÃO DA UNIDADE PILOTO

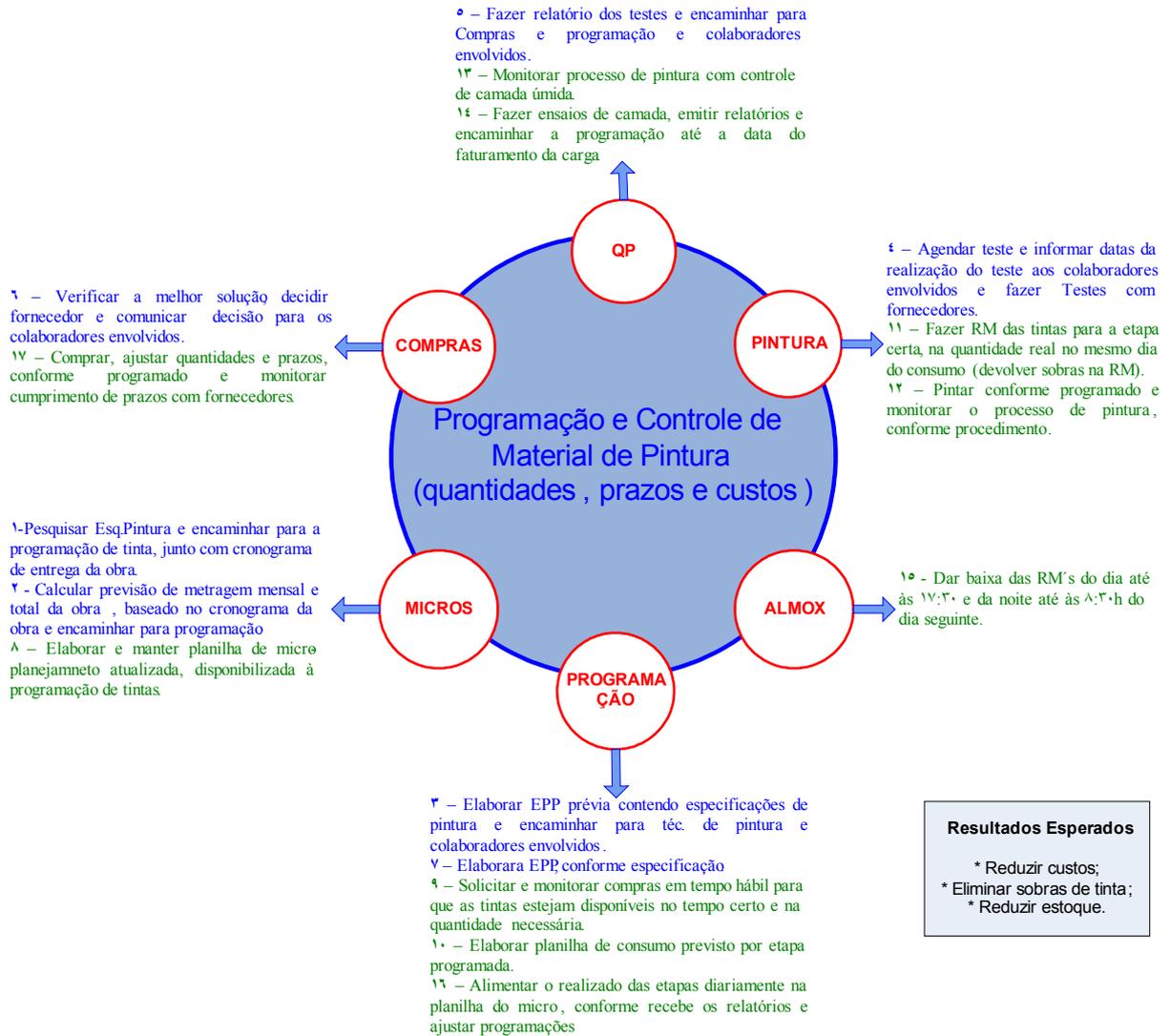
A unidade escolhida foi à unidade de pintura, por a unidade mais crítica dentro da Empresa, sendo constituída pelo seguinte esquema operacional:

Para novo projeto deve ser realizado o processo descrito abaixo, pois a empresa não trabalha com um processo padrão:

- 1- Pesquisar esquema de pintura e encaminhar para o Departamento de Suprimentos juntamente com o cronograma de entrega da obra;
- 2- calcular a previsão de metragem mensal e total da obra, baseado no cronograma da obra e encaminhar para o Depto de Suprimentos;
- 3- elaborar a Especificação do Processo de Pintura (EPP) de forma prévia, contendo especificações de pintura e encaminhar para o técnico de pintura e demais colaboradores (funcionários) envolvidos;
- 4- agendar teste com fornecedores, informando datas de realização do teste aos colaboradores envolvidos no processo;
- 5- fazer relatório dos testes e encaminhar para o Departamento de Suprimentos e colaboradores envolvidos;
- 6- verificar a melhor solução, decidir a escolha do fornecedor e comunicar a decisão para os colaboradores envolvidos;
- 7- elaborar EPP definitiva e treinar e orientar os pintores;
- 8- elaborar e manter planilha de micro-planejamento atualizada, disponibilizada à programação de tintas;
- 9- solicitar e monitorar o Departamento de Compras em tempo hábil para que as tintas estejam disponíveis no tempo certo e na quantidade necessária;

- 10- elaborar planilha de consumo previsto por etapa programada;
- 11- fazer RM (Requisição de Materiais) das tintas para a etapa correta, na quantidade real no mesmo dia do consumo (devolver sobras registrando na RMA);
- 12- pintar conforme o programado e monitorar o processo de pintura, conforme procedimentos;
- 13- monitorar processo de pintura com controle de camada úmida;
- 14- fazer ensaios de camada, emitir relatórios e encaminhar ao Departamento de Suprimentos até a data do faturamento da carga;
- 15- dar baixa das RM's do dia até as 17:30 hrs., e no turno da noite até as 8:00 hrs. do dia seguinte;
- 16- alimentar o realizado das etapas diariamente na planilha do micro planejamento, conforme recebe os relatórios e ajustar a programação;
- 17- comprar, ajustar quantidades e prazos, conforme o programado, monitorando o cumprimento de prazos com os fornecedores.

Na Figura 16, apresenta-se o fluxograma da Programação e Controle de Material de Pintura.



**Figura 16 – Fluxograma da Programação e Controle de Material de Pintura**

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.3 ETAPA 3 - IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DA PINTURA

A equipe é formada por quarenta e quatro funcionários incluindo auxiliar de produção, operador de ponte rolante, pintor, operador de máquina, preparador de tinta e jateador. No Quadro 4, apresentam-se as funções e o número de funcionários no setor de pintura da empresa em estudo.

**Quadro 4 - Número de funcionários e suas funções no setor de pintura**

<b>Código</b>	<b>Número de Funcionários</b>	<b>Função</b>
0001	17	Auxiliar de Produção
0011	8	Operador de Ponte Rolante
0013	11	Pintor I
0025	2	Operador de Máquina II
0012	2	Preparador de Tintas
0017	2	Jateador
0029	1	Pintor III
0016	1	Operador de Máquina I

Fonte: Departamento Humano e Organizacional (DHO).

#### 4.2.4 ETAPA 4 – ESCOLHA DAS CARACTERÍSTICAS A SEREM MONITORADAS

As características de qualidade de maior importância que devem ser monitoradas são:

1 - *Limpeza e rugosidade da superfície*: Antes de iniciar o processo de pintura o inspetor deve verificar a limpeza e rugosidade da superfície a ser pintada. Os padrões de limpeza e rugosidade são variáveis de acordo com o esquema de pintura.

Antes de iniciar o processo de jateamento as peças têm que ser lavadas com detergente neutro e água para remover os contaminantes como óleo e graxa entre outros; para não haver contaminação na granalha antes de iniciar o processo de pintura, o inspetor deve verificar o perfil de rugosidade e padrão fotográfico para verificar se está de acordo com o procedimento de inspeção.

2 - *Camada úmida de pintura*: O pintor deverá realizar monitoramento da camada úmida durante a aplicação do esquema de pintura, evitando dessa forma desuniformidade na camada e/ou camada abaixo ou acima do especificado.

O pintor deverá realizar a regulagem do equipamento de acordo com a especificação de pintura. O pintor deverá realizar medições de camada úmida com o pente de película úmida durante a aplicação do esquema de pintura, evitando dessa forma desuniformidade na camada e ou camada abaixo ou acima do especificado.

3 - *Camada Seca de pintura*: Após a conclusão do processo de pintura e secagem de cada uma das camadas o inspetor de qualidade deve realizar medições de camada seca em uma amostragem das estruturas conforme determinado pelo procedimento de pintura sugerido (Anexos 1 e 2).

4 - *Aderência da tinta ao substrato*: Depois de atingido o tempo de secagem determinado para cada tinta o inspetor de pintura deve realizar teste de aderência em uma amostragem das estruturas conforme determinado no procedimento de pintura (Anexos 1 e 2)

5 - *Visual da Pintura*: Depois de atendido o tempo de secagem o inspetor de pintura deve verificar o visual final da pintura, quanto a escorrimentos, contaminantes, bolhas entre outros, pois a pintura deverá estar isenta de qualquer defeito visual.

Neste caso, deverão ser anotados no diário de bordo (modelo sugerido, Anexo 4), os números de defeitos para ser construída uma carta de controle para o número de defeitos, conforme Anexo 3.

Entre todas as principais características citadas que são importantes para o cliente, decidiu-se trabalhar somente com a espessura do filme seco (espessura da tinta), nesta fase que se considerou como piloto.

#### 4.2.5 ETAPA 5 - CONSTRUÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

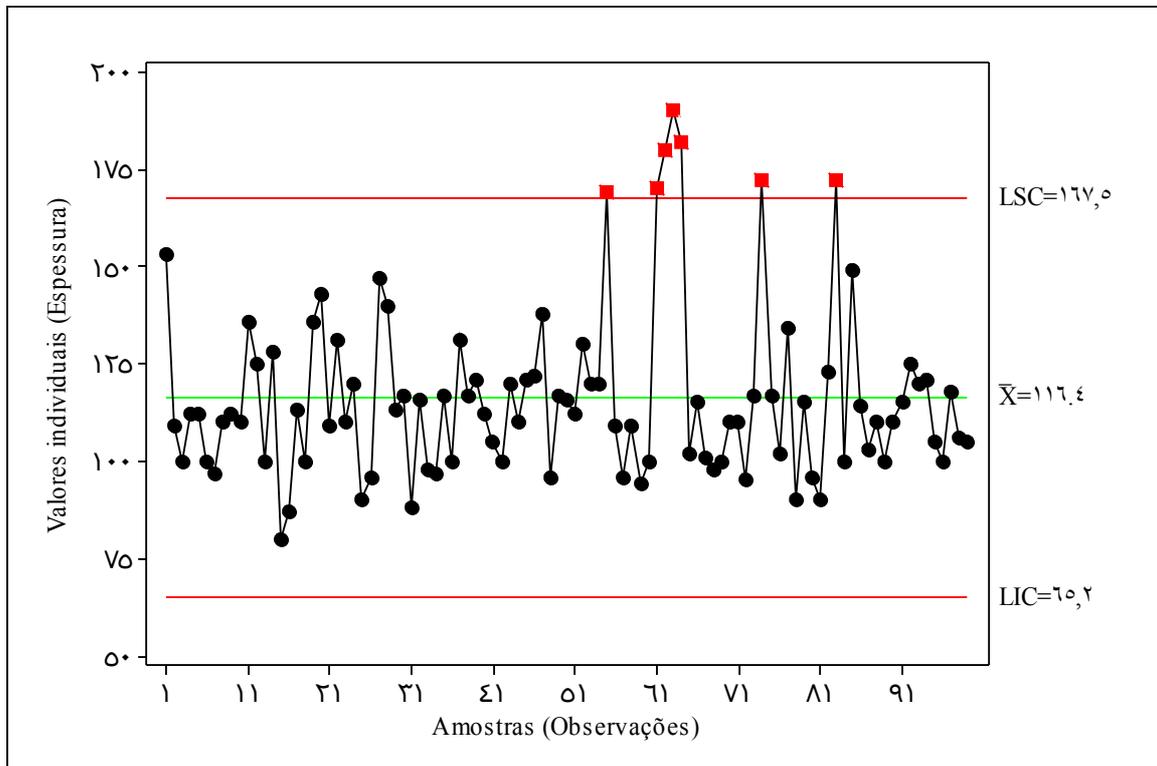
Os gráficos utilizados foram  $X_{ind}$  para medidas individuais e  $R_m$  para o cálculo das amplitudes médias para a característica espessura do filme seco (espessura da tinta) medida em micron ( $\cdot m$ ), considerado a mais crítica para a empresa em termos de custos, cujas medidas foram coletadas e registradas individualmente. Os gráficos de controle foram construídos para três obras consideradas amostra piloto, para as três demãos de tinta, procedimento que é adotado para todas as obras. Para os nove conjuntos de dados foi aplicado o teste de kolmogorov Smirnov, e o gráfico normal de probabilidade para analisar a normalidade dos dados, e para verificar a independência foram encontrados os coeficientes de autocorrelação, que estão apresentados nos Anexos 5 e 6, respectivamente.

Sendo que para os três conjuntos de dados referentes as três de mão estão condição foi satisfeita ao nível de significância de 5%, podendo-se assim construir gráficos de controle tradicionais.

Para as outras características de qualidade, que deverão ser monitoradas em outra fase, indica-se a utilização de um gráfico de controle para o número de defeitos.

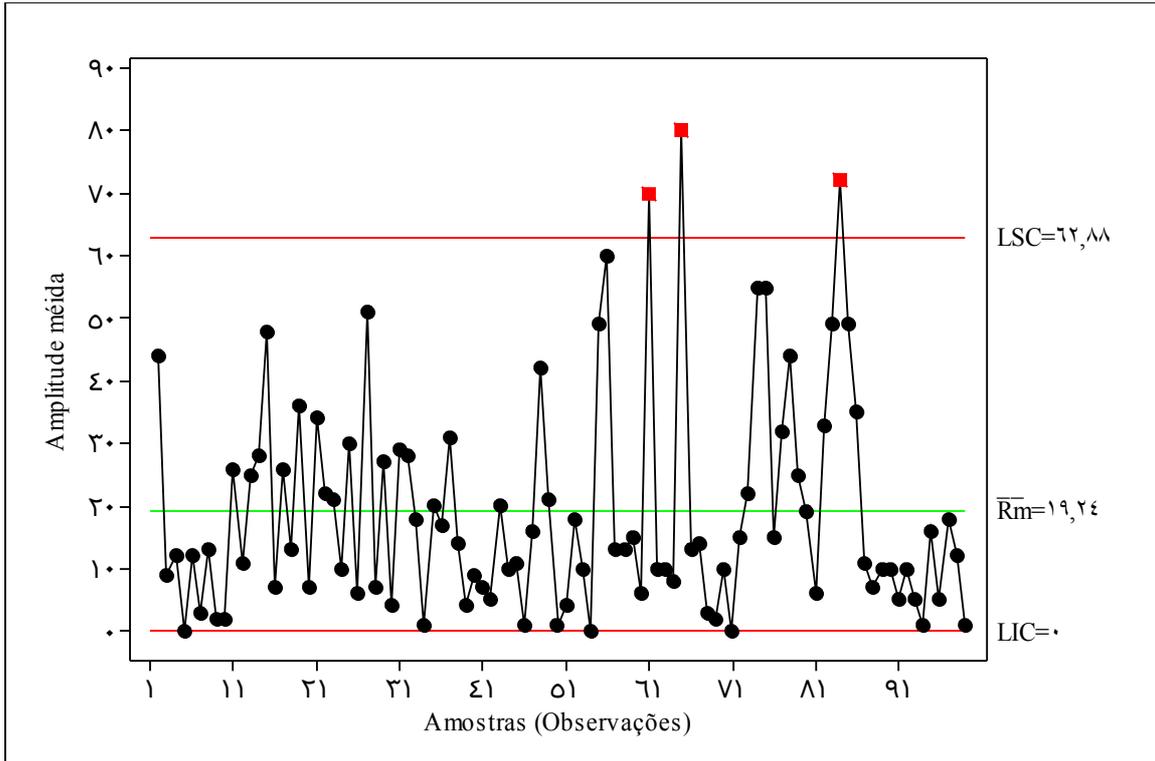
#### 4.2.5.1 Primeira Obra: Primeira demão de tinta

Nas Figuras 17 e 18, apresenta-se o gráfico  $X_{ind}$  e o gráfico da amplitude móvel ( $R_m$ ) para a primeira obra e para a primeira demão de tinta, respectivamente.



**Figura 17 - Gráfico para medidas individuais da variável espessura da tinta da primeira obra e primeira demão**

Analisando-se a Figura 17, pode-se observar grande variabilidade nos dados, sendo que o desvio padrão foi de 17,055. O gráfico  $X_{ind}$  para medidas individuais, mostra sete pontos fora do limite superior de controle indicando possível existência de causas especiais.

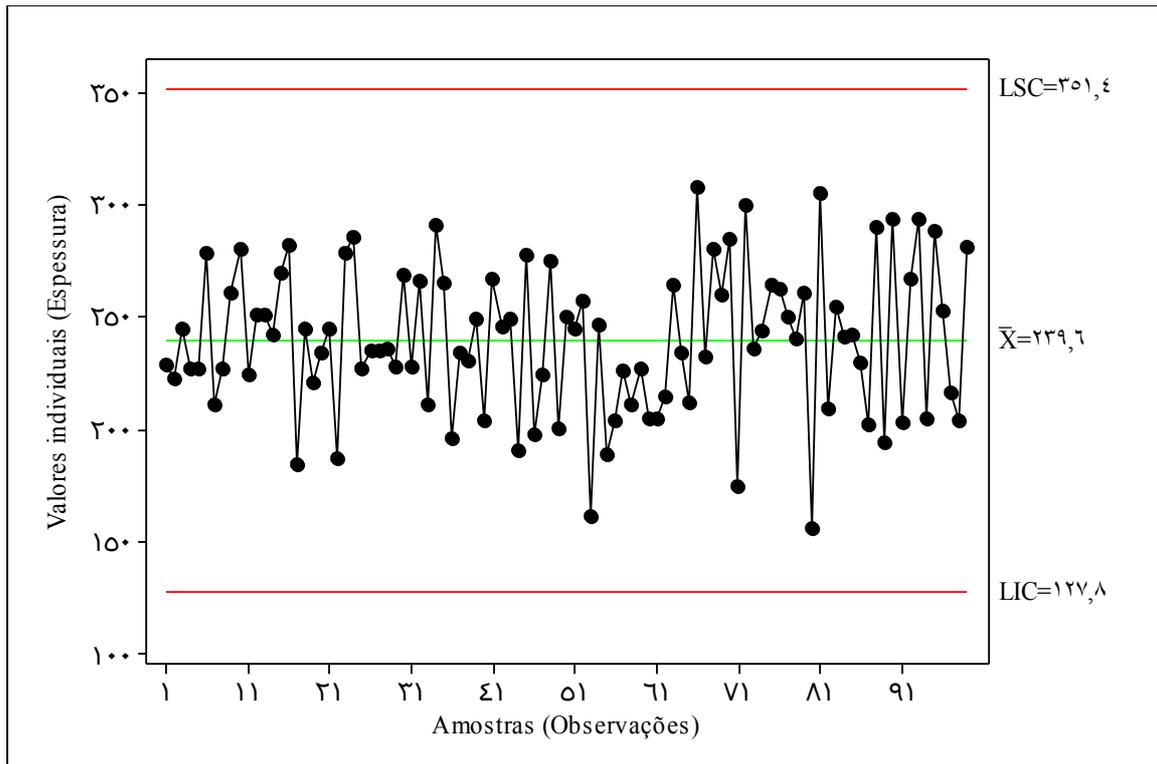


**Figura 18 - Gráfico das amplitudes da variável espessura de tinta da primeira obra e primeira demão**

Na Figura 18, para as amplitudes, observam-se três pontos acima do limite superior de controle, demonstrando uma possível instabilidade no processo. Os picos nos extremos do gráfico indicam instabilidade no processo.

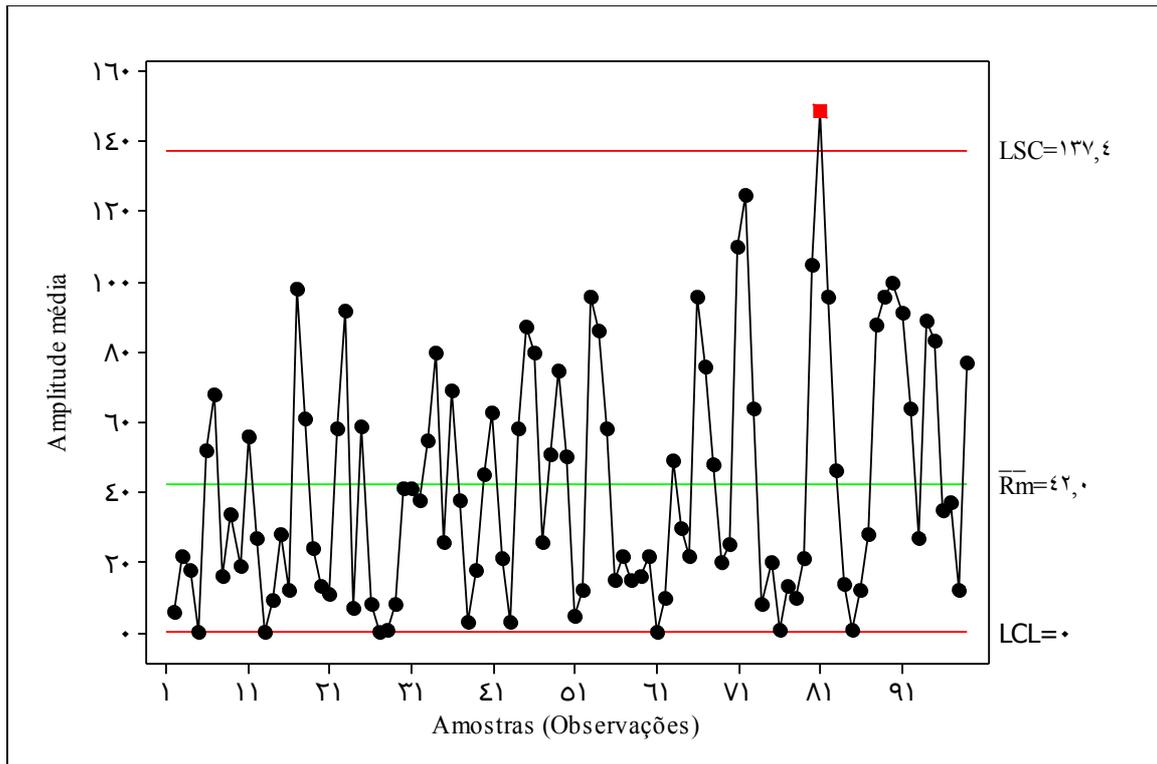
#### 4.2.5.2 Primeira Obra: Segunda demão de tinta

Nas Figuras 19 e 20, apresenta-se o gráfico  $X_{ind}$  e o gráfico da amplitude móvel ( $R_m$ ) para a primeira obra e para a segunda demão de tinta, respectivamente.



**Figura 19 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta da primeira obra e segunda demão**

Na Figura 20, das amplitudes, observa-se que um ponto está acima do limite superior de controle, embora na Figura 19, de medidas individuais, todos os pontos estão dentro dos limites de controle de 3 sigmas indicando que o processo está fora de controle em relação à variabilidade.



**Figura 20 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura de tinta da primeira obra e segunda demão**

#### 4.2.5.3 Primeira Obra: Terceira demão de tinta

Pelas Figuras 21 e 22, gráfico  $X_{ind}$  para as medidas individuais e gráfico  $R_m$  das amplitudes, respectivamente, pode-se observar que todos os pontos dentro dos limites de controle de 3 sigmas, indicando que o processo está sob controle, não apresentando a existência de causas especiais.

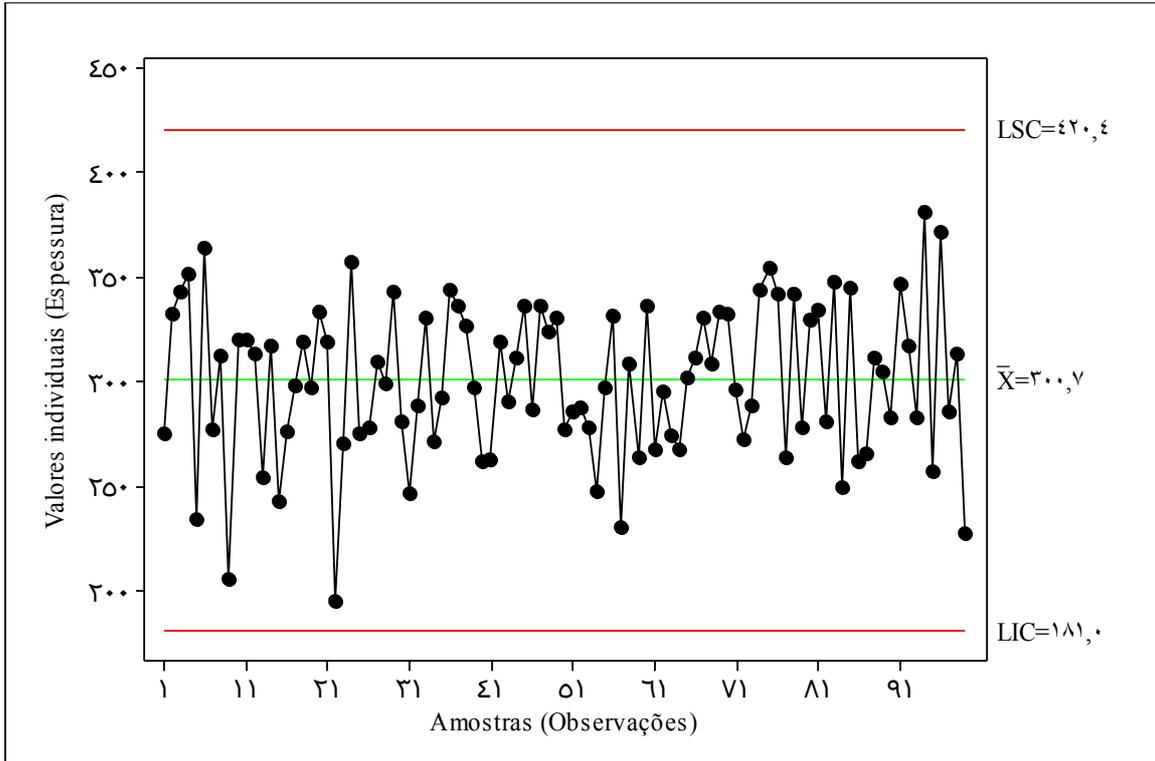


Figura 21 - Gráfico para medidas individuais da variável espessura da tinta da primeira obra e terceira demão

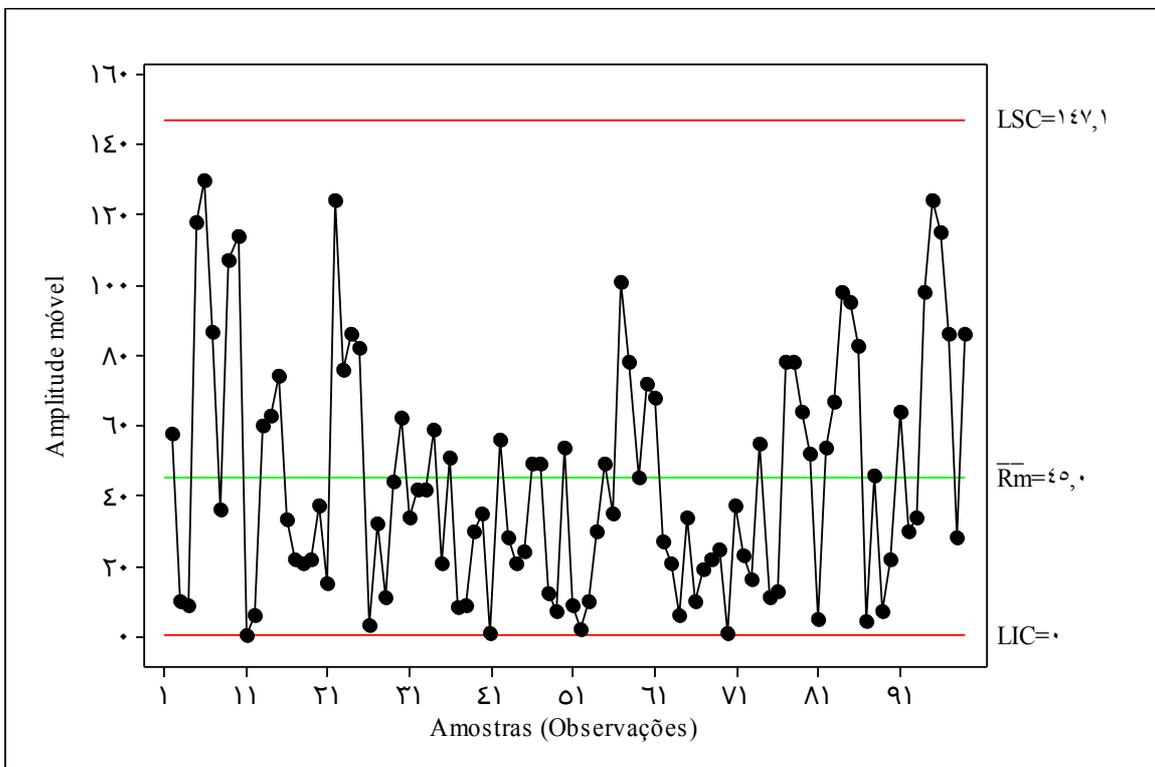


Figura 22 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura de tinta da primeira obra e terceira demão

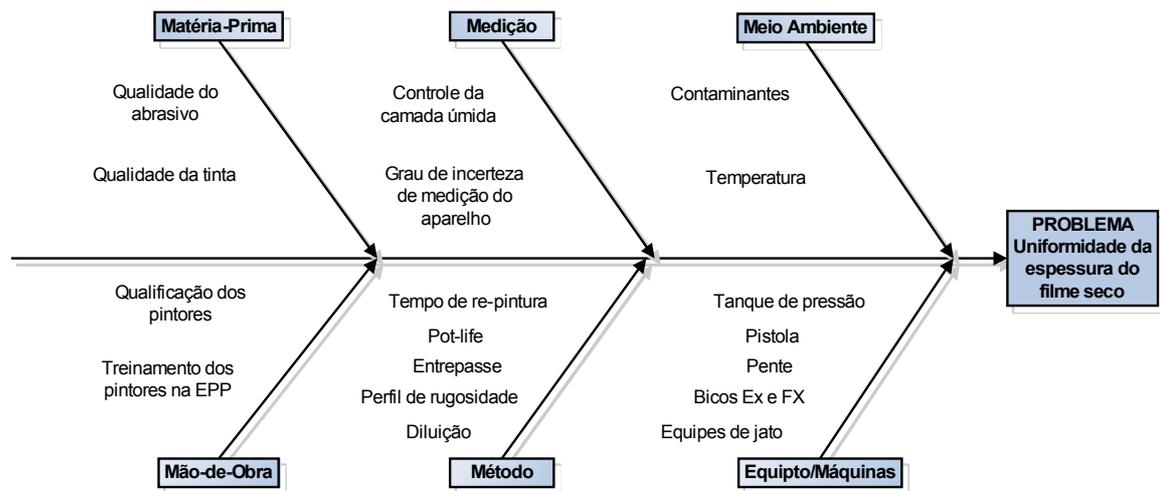
Como o processo de pintura para a primeira e segunda demão de tinta está fora dos limites de controle de 3 sigmas e apresentam um comportamento tendencioso, além de piques extremos, demonstrando excesso de variabilidade e indicando que o processo está fora de controle. Esta situação demonstra a necessidade de um estudo maior dos agentes causadores desse descontrole no processo.

Para solucionar os problemas identificados acima, se fez necessário à aplicação do método de solução de problemas PDCA, iniciando-se por:

P - identificar o problema e investigar as características do mesmo sob vários pontos de vista, fazendo uma análise para descobrir as causas fundamentais. Foi convocada uma reunião, e após ampla discussão com todos os funcionários da linha pintura, bem como da presença da chefia da seção, de modo a se diagnosticar os fatores que poderiam afetar esse processo. Adotou-se também um cartaz, em cartolina, num local sugerido pelos funcionários, de modo que ao lembrar-se de algo que pudesse interferir no processo, fosse anotado, e confirmado pela inclusão de novas sugestões. Conversou-se individualmente e igualmente com os funcionários, diretamente ligados à pintura, sobre outras sugestões das interferências no processo. Assim, para estudar esses agentes causadores do descontrole do processo na espessura da pintura.

Com o objetivo de caracterizar o processo de pintura, foi elaborado o Diagrama de Ishikawa (Causa e Efeito), Figura 23, com a participação de todos os funcionários do Setor (Pintura), inclusive os considerados “chão de fábrica”, para fazer-se uma análise do que estava afetando esse processo. Conforme Crosby (1979, p.126) “à medida que as pessoas são incentivadas a falar, vêm à tona oportunidades de correção que envolve não só os defeitos detectados pela inspeção, como também os menos óbvios”. E também, a maioria das estratégias deve visar o envolvimento da mão-de-obra no esforço para produzir qualidade em processos, produtos e serviços (PALADINI, 1977).

Com isso foi verificado, juntamente com os funcionários, as interferências que poderia haver no processo da pintura, ou seja, com a espessura do filme seco, função da matéria-prima, da medição, meio-ambiente, mão-de-obra, método, equipamentos e máquinas, que resultou na Figura 23.



**Figura 23: Diagrama de Ishikawa para a identificação de interferências na qualidade da pintura**  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, dando-se continuidade a análise do PDCA tem-se:

- **D:** Para cada uma das causas identificadas, foi montado um plano de ação, envolvendo todas as pessoas comprometidas no processo. Havendo um o comprometimento da equipe de verificar a espessura, bem observar os fatores como referência do solvente, lote de solvente, preparação da tinta, umidade relativa do ar, temperatura ambiente, temperatura da superfície e ponto de orvalho, bem como os equipamentos.

No Quadro 5, apresentam-se a descrição das ações que devem ser tomadas, quem deve executá-las, quando, como e onde.

**Quadro 5 – Descrições das ações**

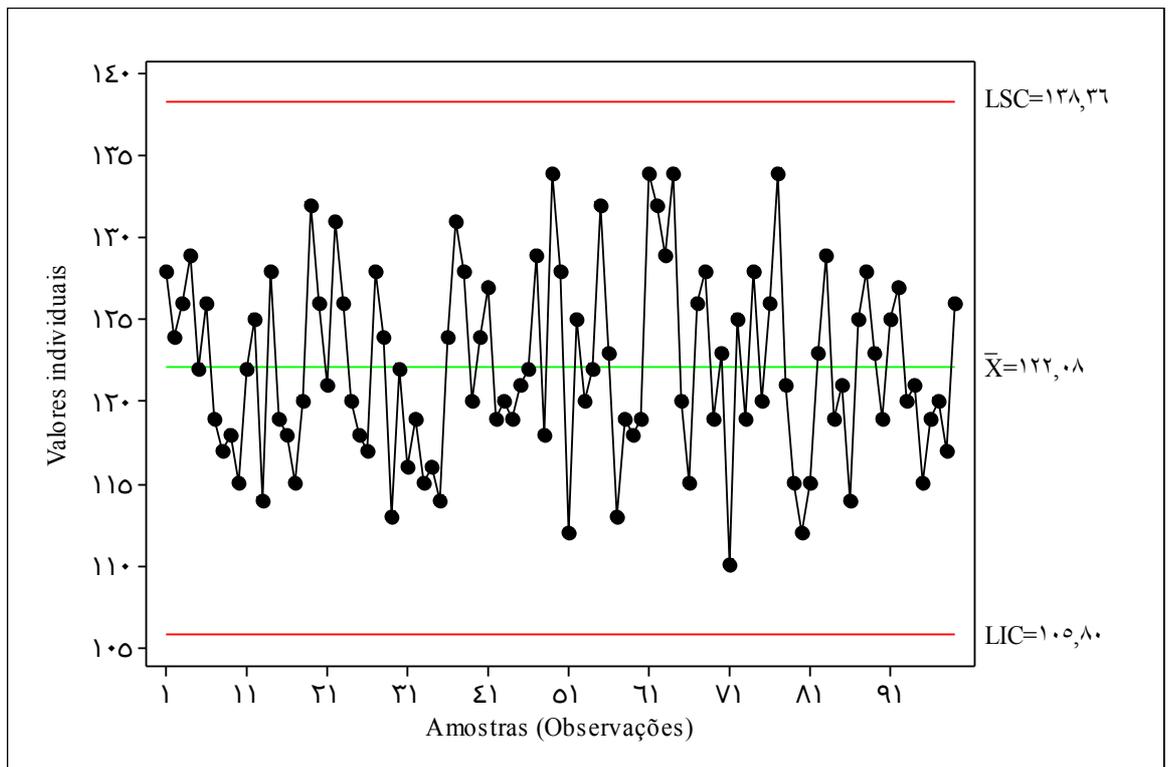
O QUE?	QUEM?	QUANDO?	COMO?	ONDE?
-Treinamento dos preparadores de Tinta -Monitoramento do Processo de Mistura (Registro e Auditoria)	Líder de Pintura	30/09/07	- Selecionar esquemas de pintura de 2008 e chamar os fornecedores para efetuar treinamento de todos os preparadores. - Registrar cada diluição. - Auditar processos	Metasa
-Calibrar 1 pente para cada pintor	Coordenador Qualidade do Produto	30/09/07	- Comprar novos e calibrar - Substituir atuais - Calibrar atuais e repor no estoque	Laboratório Homologado
-Controle de Camada Úmida	Inspetor QP	30/09/07	- Treinar Pintores - Calibrar Pente - Monitorar o Processo	Metasa
-Qualificar todos os Pintores	DHO	30/09/07	- Contratando qualificada para tal	Metasa
- Treinar todos os pintores em cada EPP antes do início da pintura	Líder de processo	Rotina	- Receber EPP - Preparar Material - Treinamento Teórico - Treinamento Prático	Metasa

Fonte: Elaborado pelo autor

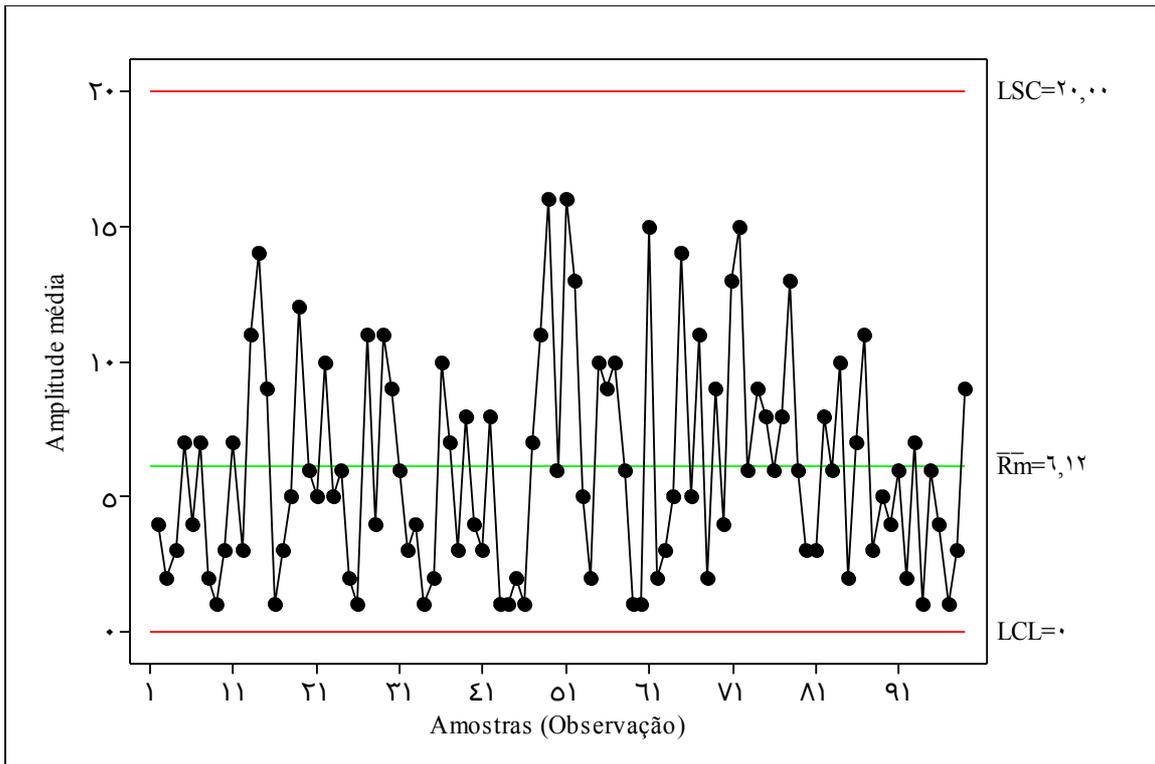
Uma segunda coleta de dados, que se refere à segunda obra, foi realizada após a interferência no processo e com base no plano de ação proposto. Novamente os dados foram submetidos aos testes de normalidade, e da independência, observando-se que estas condições foram novamente atendidas para um nível de significância de 5%.

#### 4.2.5.4 Segunda Obra: Primeira demão de tinta

Nas Figuras 24 e 25 apresenta-se o gráfico  $X_{ind}$  e o gráfico da amplitude móvel ( $R_m$ ) para a segunda obra e para a primeira demão de tinta, respectivamente.



**Figura 24 - Gráfico para medidas individuais da variável espessura da tinta para segunda obra e primeira demão**



**Figura 25 - Gráfico da amplitude média ( $R_m$ ) da variável espessura da tinta para segunda obra e primeira demão**

#### 4.2.5.5 Segunda Obra: Segunda demão de tinta

Nas Figuras 26 e 27, apresenta-se o gráfico  $X_{ind}$  e o gráfico da amplitude móvel ( $R_m$ ) para a segunda obra e para a segunda demão de tinta, respectivamente.

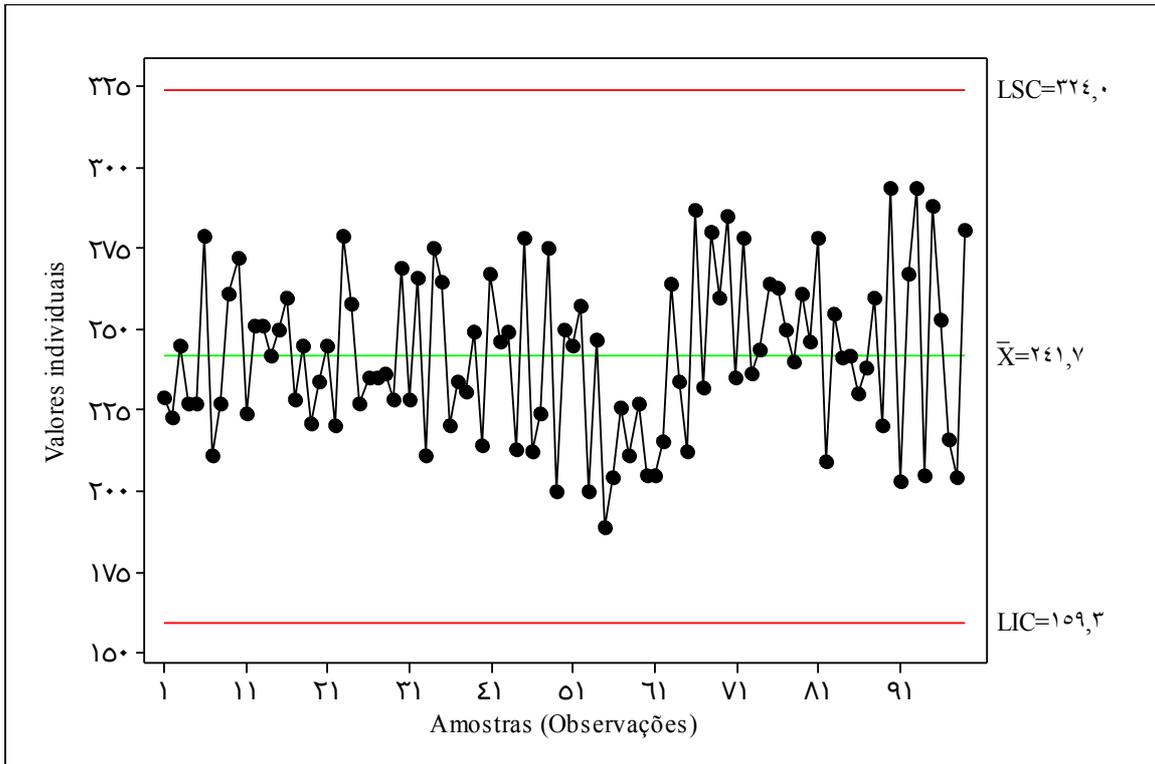


Figura 26 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta

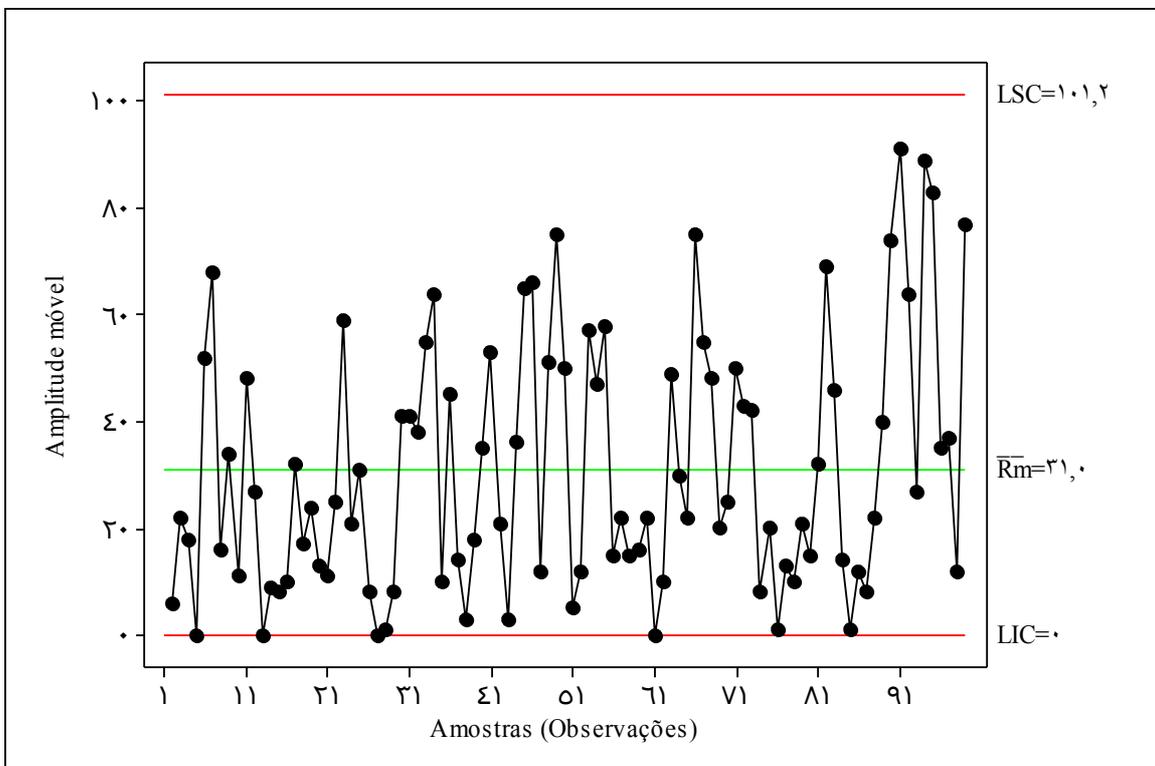


Figura 27 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura da tinta

#### 4.2.5.6 Segunda Obra: Terceira demão de tinta

Nas Figuras 28 e 29, apresenta-se o gráfico  $X_{ind}$  e o gráfico da amplitude móvel ( $R_m$ ) para a segunda obra e para a terceira demão de tinta, respectivamente.

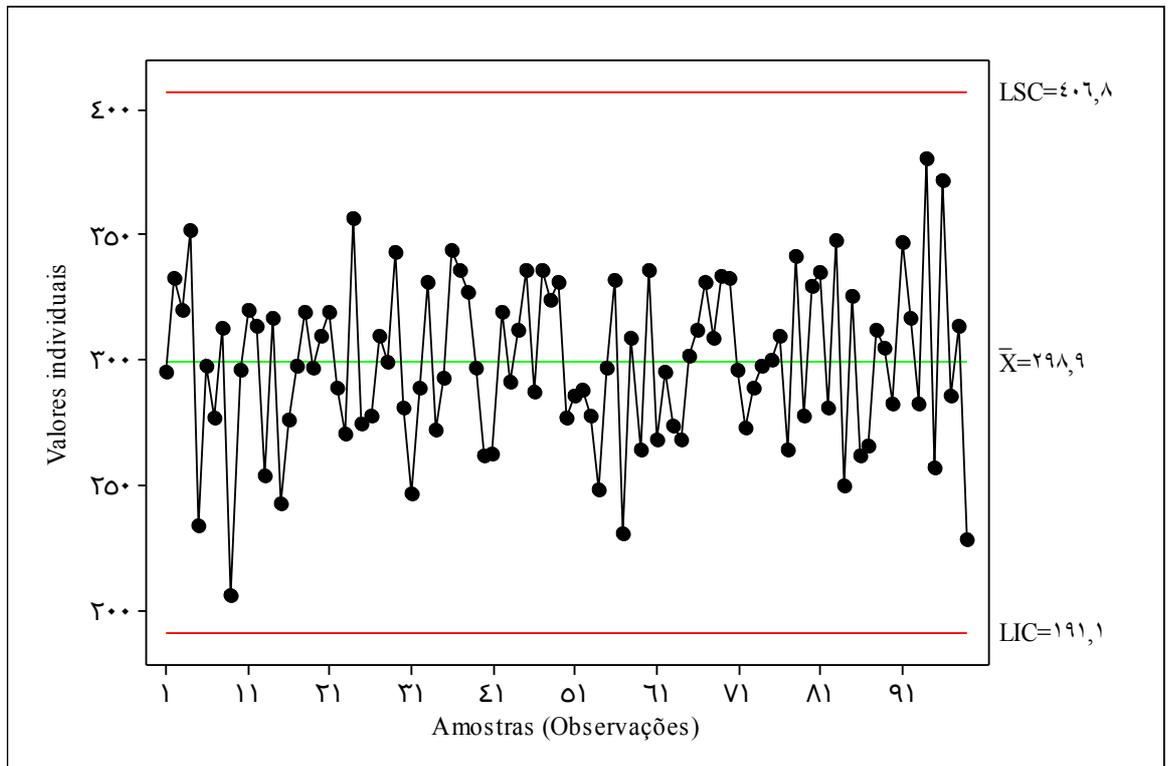
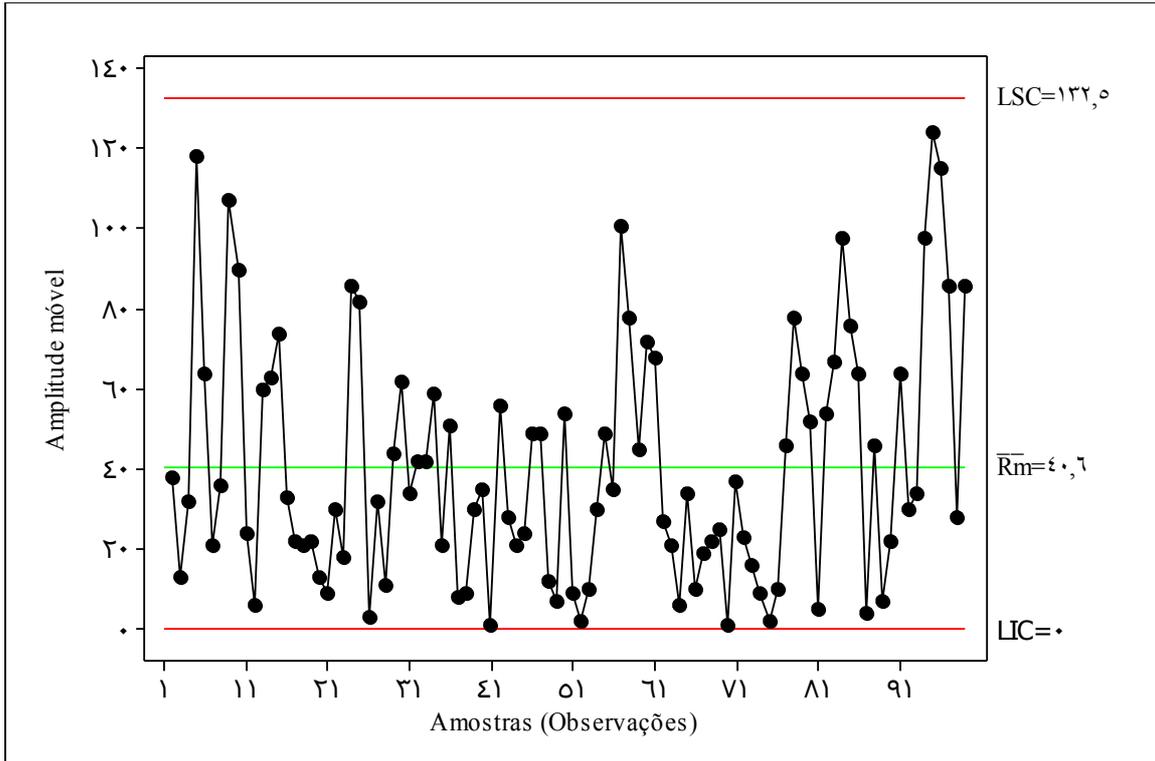


Figura 28 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta



**Figura 29 - Gráfico da amplitude móvel da variável espessura da tinta**

Pelas Figuras 24, 25, 26, 27, 28 e 29, pode-se observar que todos os pontos estão dentro dos limites de controle de 3 sigmas, portanto pode-se dizer que o processo está sob controle estatístico.

#### 4.2.5.7 Terceira Obra: Primeira demão de Tinta

Nas Figuras 30 e 31 apresenta-se o gráfico  $X_{ind}$  e o gráfico da amplitude móvel ( $R_m$ ) para a terceira obra e para a primeira demão de tinta, respectivamente.

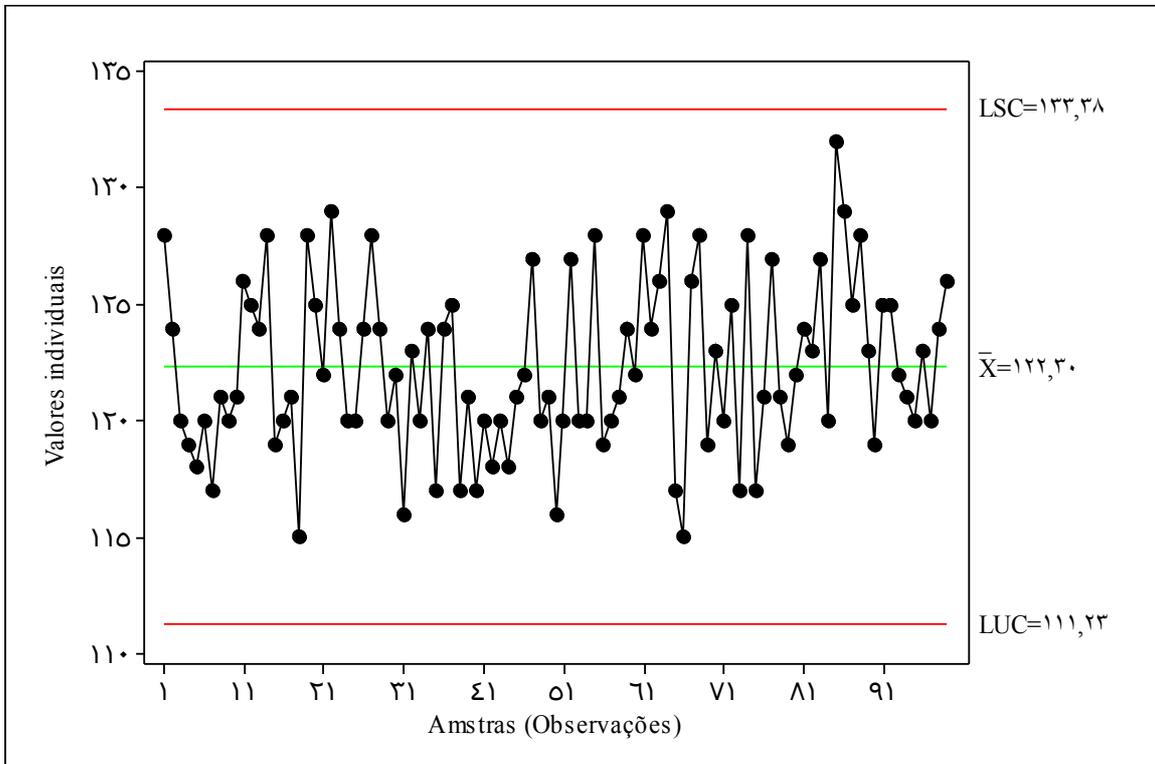


Figura 30 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta

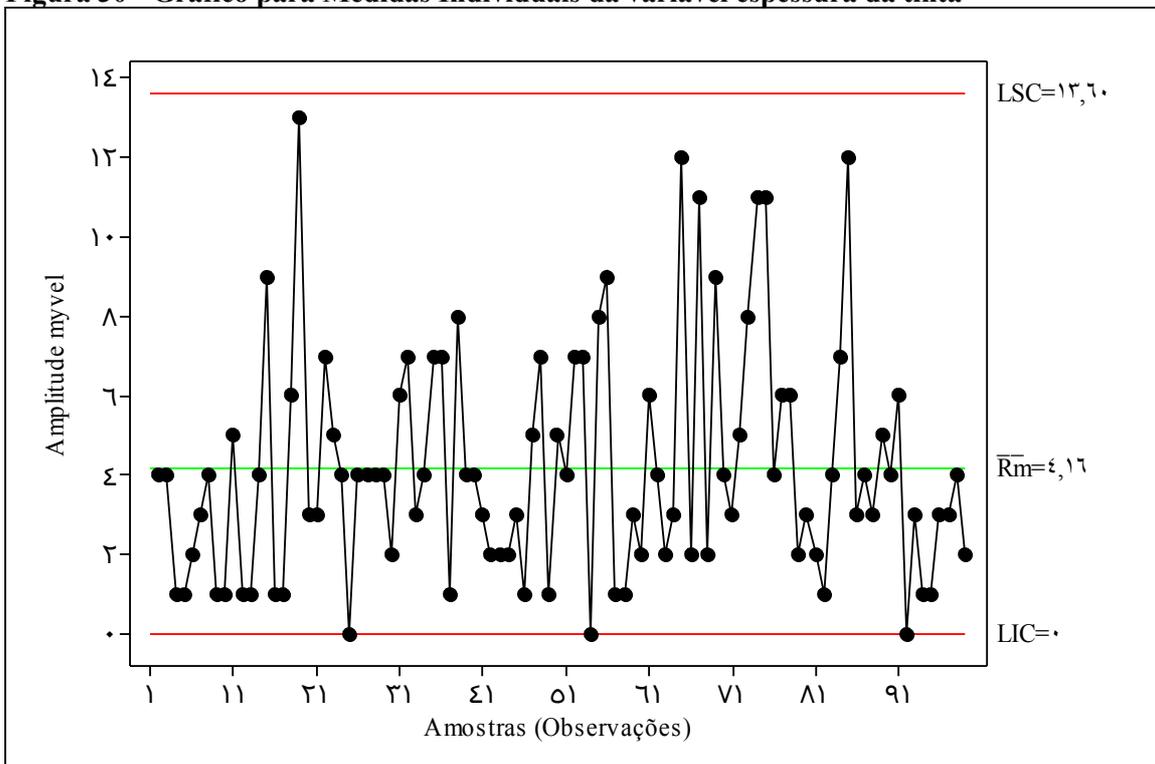


Figura 31 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura da tinta

#### 4.2.5.8 Terceira Obra: Segunda demão de Tinta

Nas Figuras 32 e 33 apresenta-se o gráfico  $X_{ind}$  e o gráfico da amplitude móvel ( $R_m$ ) para a terceira obra e para a segunda demão de tinta, respectivamente.

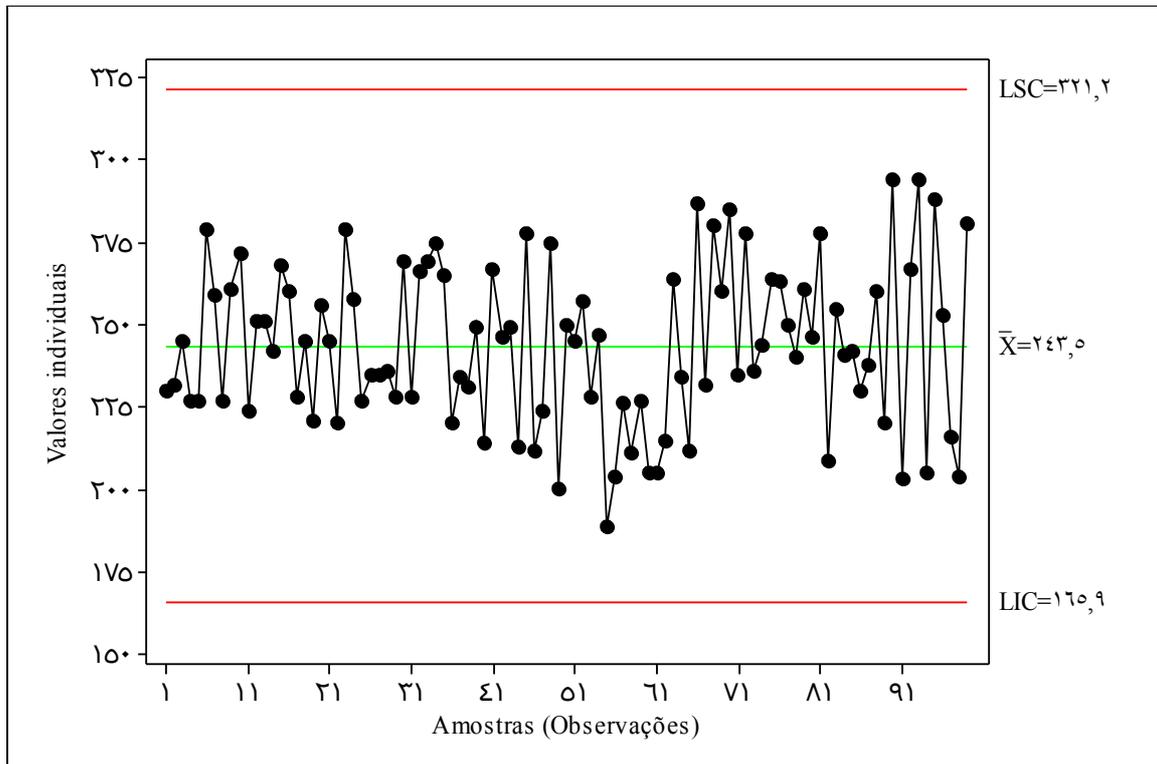


Figura 32 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta

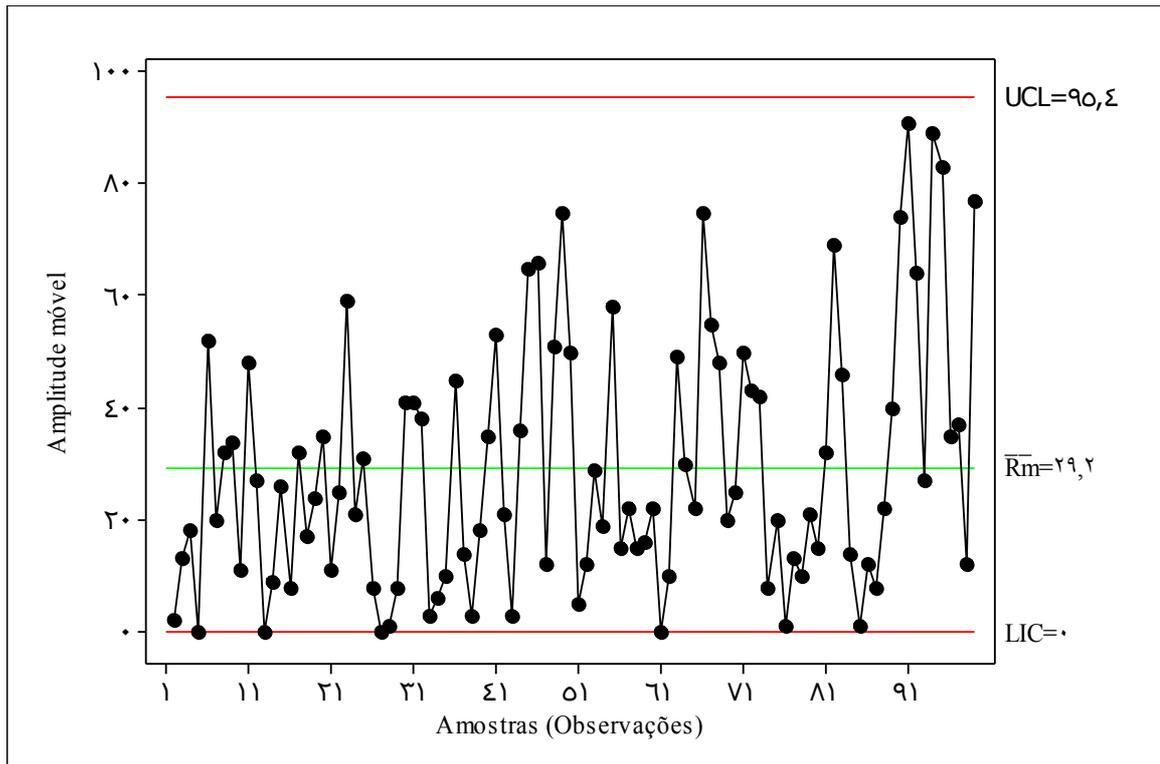


Figura 33 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura da tinta

#### 4.2.5.9 Terceira Obra: Terceira demão de Tinta

Nas Figuras 34 e 35 apresenta-se o gráfico  $X_{ind}$  e o gráfico da amplitude móvel ( $R_m$ ) para a terceira obra e para a terceira demão de tinta, respectivamente.

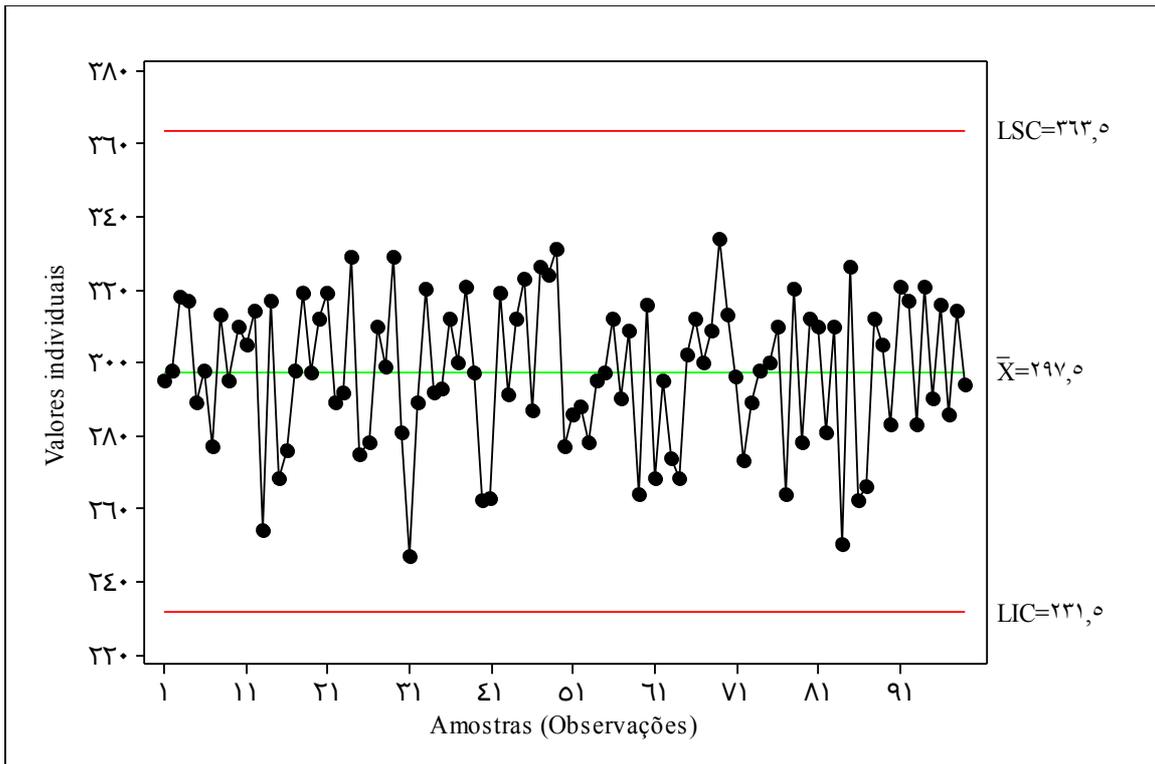


Figura 34 - Gráfico para Medidas Individuais da variável espessura da tinta

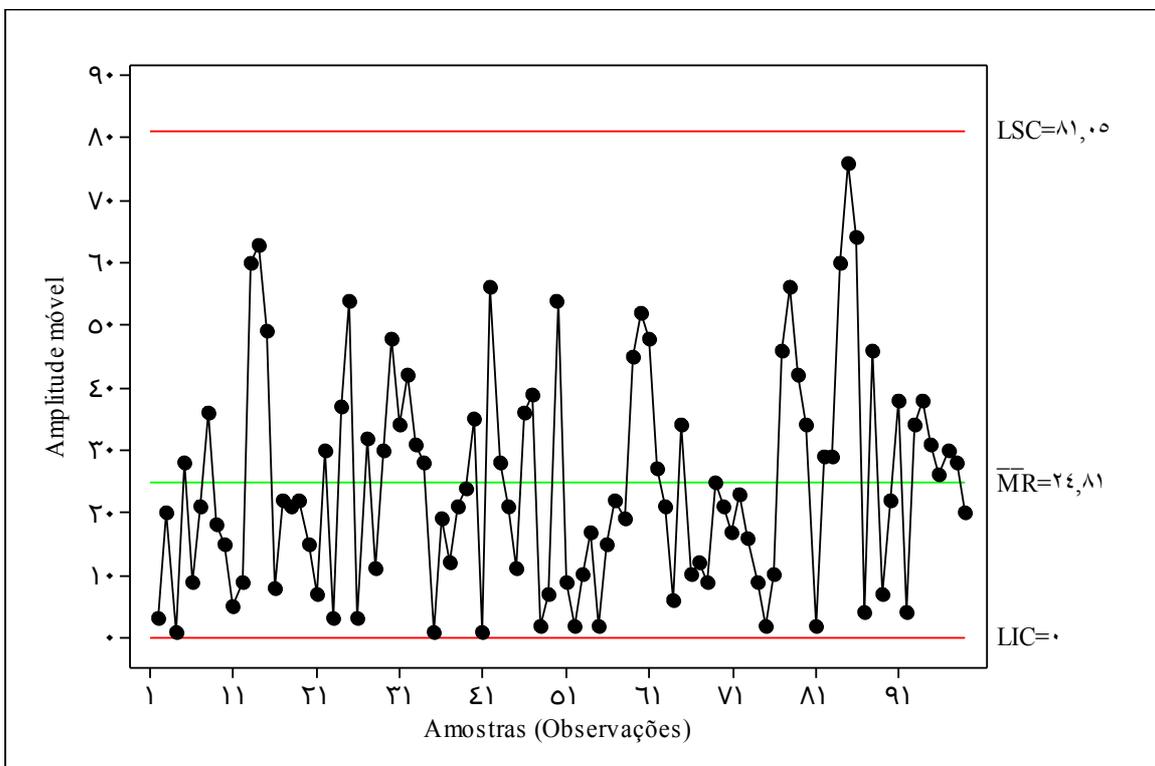


Figura 35 - Gráfico das Amplitudes da variável espessura da tinta

Pelas Figuras 30, 31, 32, 33, 34 e 35, pode-se observar que todos os pontos estão dentro dos limites de controle de 3 sigmas, portanto pode-se dizer que o processo está sob controle estatístico.

Continuando no ciclo PDCA, pode-se considerar a seguir a checagem do processo de pintura.

- **C:** Na coleta dos dados referentes a segunda e a terceira obra, onde foram tomados os cuidados com as recomendações feitas, conforme Quadro 5, pode-se observar, tanto nos gráficos das medidas individuais como nos gráficos da amplitude média para a segunda e terceira obra, para as três demãos de tinta, que não houve pontos fora dos limites de controle de 3 sigmas. Também se constatou a ausência de tendências ou periodicidades, assim o processo ser considerado sob controle estatístico de qualidade.

Conforme Dellaretti (1994) é útil conhecer o padrão de variação das características de qualidade de um processo que está sob controle, através do estudo da capacidade do processo e os seus índices, pois o cálculo dos índices é outra forma para conhecer-se a consistência do processo ao verificar que o mesmo é estável.

- **A:** Os procedimentos atuais são mantidos, e qualquer anomalia faz se as correções necessárias.

#### 4.2.6 ETAPA 6 - CÁLCULO DOS ÍNDICES DE CAPACIDADE DO PROCESSO

Os índices do desempenho do processo para a terceira demão de tinta para as três obras, que estão apresentados nas Figuras 36, 37 e 38.

O índice de capacidade  $C_{pk}$  (é justamente a  $c_p$  unilateral mais próxima da média do processo), encontrado para as três obras foram respectivamente, 0,94; 1,06 e 1,75. Pelo Quadro 1 do item 2.8.2, pode-se observar que:

- Na primeira obra o processo é incapaz, exigindo dos operadores um controle de 100% do processo de pintura;
- na segunda obra o processo é relativamente incapaz, sendo necessário um controle contínuo por parte dos operadores do processo de pintura;
- na terceira obra o processo passa a ser capaz, sendo que o processo está centrado, mas recomenda-se uma monitoração do processo por parte dos operadores.

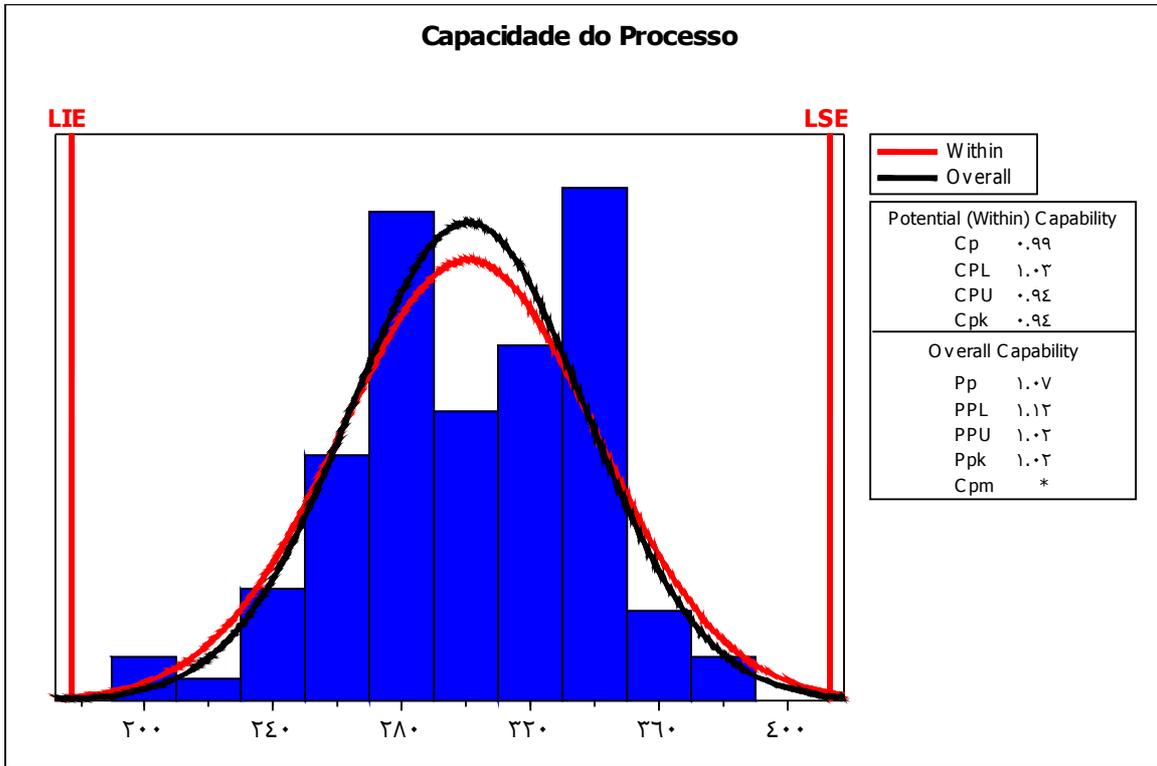


Figura 36 – Processo de capacidade para a primeira obra e terceira demão de tinta

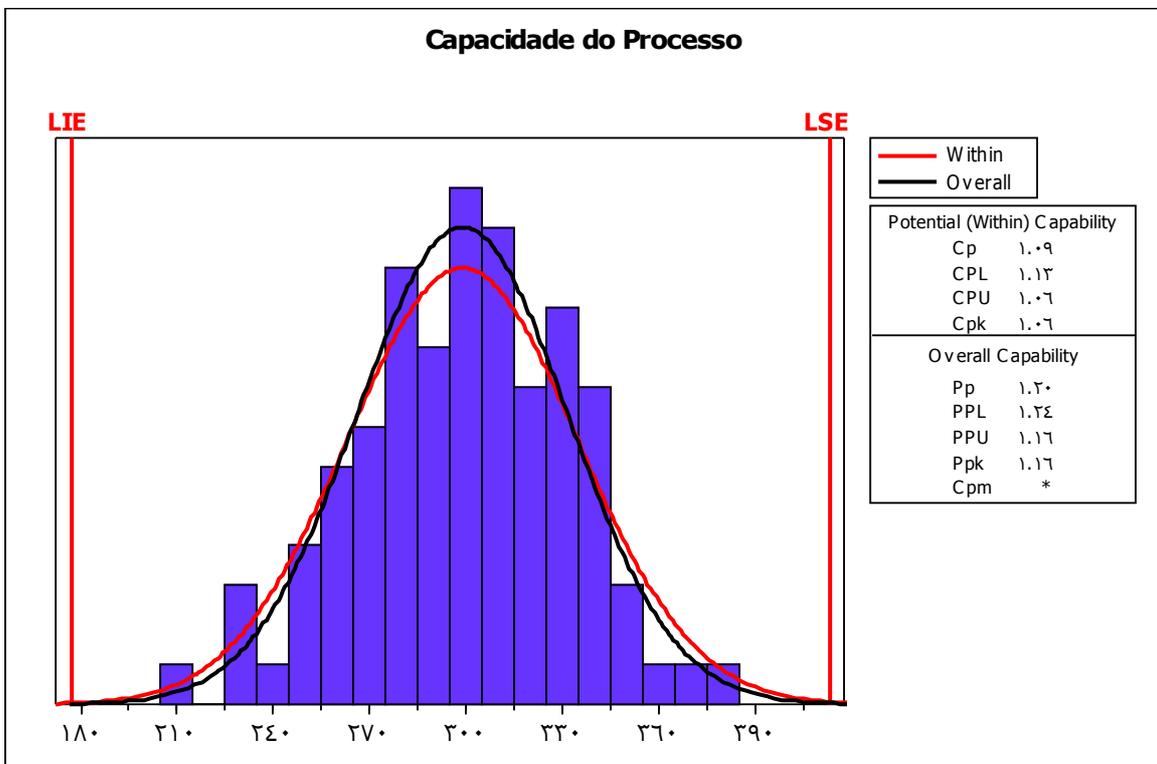
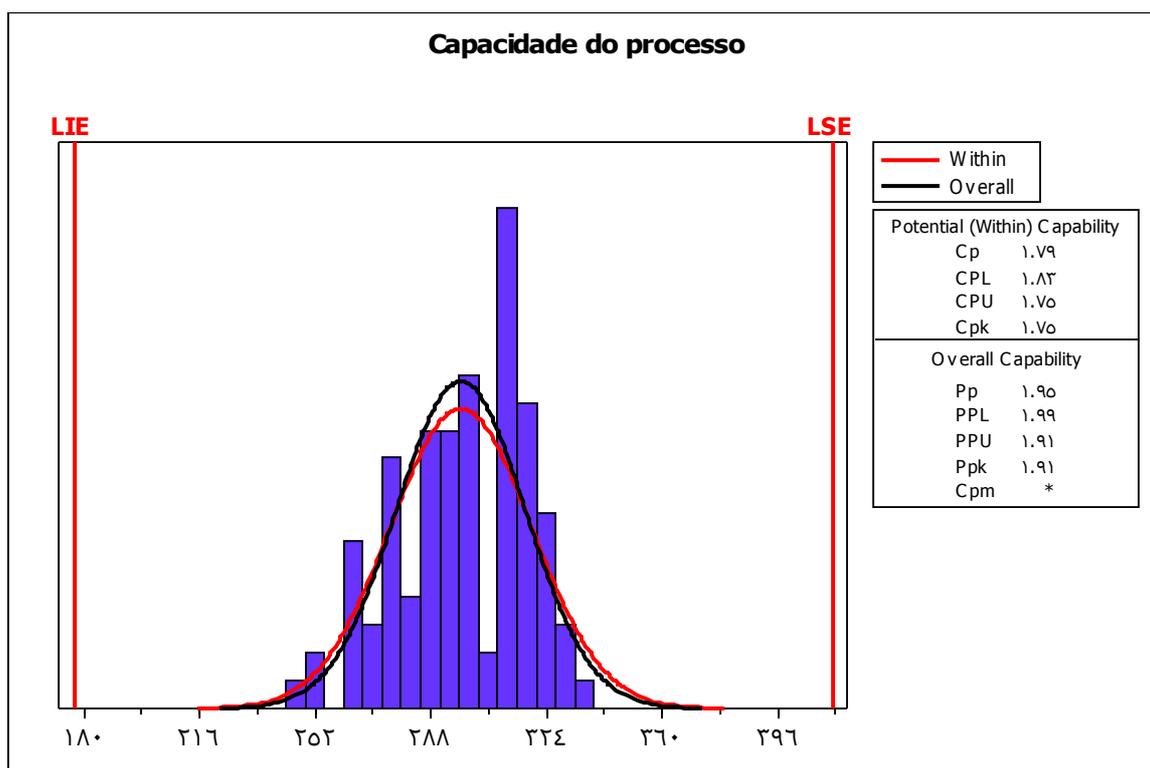


Figura 37 – Processo de capacidade para a segunda obra e terceira demão de tinta



**Figura 38 – Processo de capacidade para a segunda obra e terceira demão de tinta**

No Quadro 6, apresenta-se um resumo comparativo entre a média da espessura de tinta, e o EPP (Especificação do Processo de Pintura).

**Quadro 6 – Comparação entre média da espessura da tinta e o EPP**

Demão	Primeira Obra			Segunda Obra			Terceira Obra		
	EPP	Média	Diferença	EPP	Média	Diferença	EPP	Média	Diferença
Primeira	125	116,35	-8,65	125	121,08	-3,92	125	122,30	-2,7
Segunda	245	239,62	-5,38	245	241,70	-3,30	245	243,54	-1,46
Terceira	295	300,72	5,72	295	298,90	3,90	295	297,52	2,52

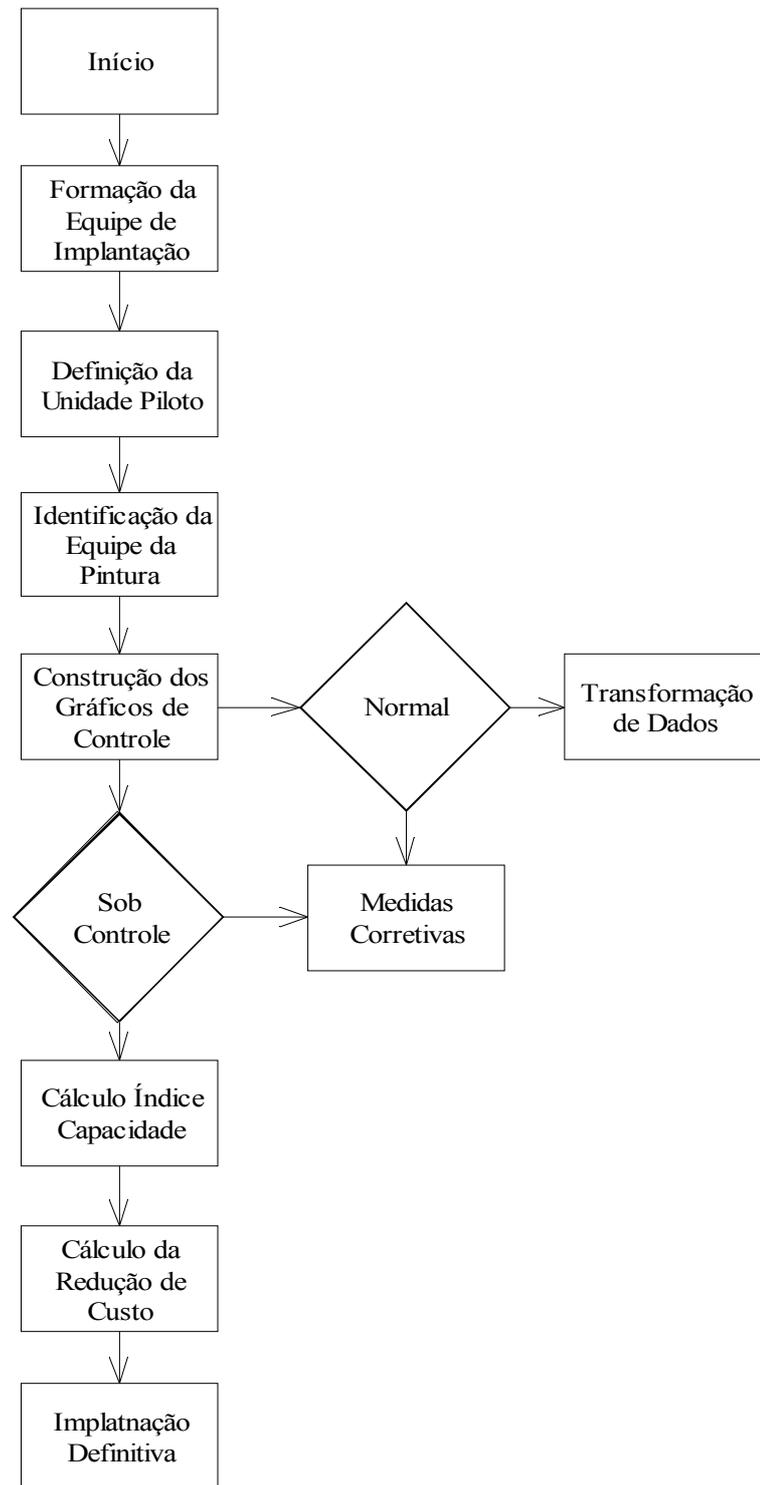
Fonte: Elaborado pelo autor

Ao se analisar o cálculo da divisão do valor médio na espessura da tinta com o valor médio aceito pela Empresa, verifica-se uma perda na ordem de 1,94% para a Empresa na terceira de mão da primeira obra, 1,32% na segunda obra e 0,85% na terceira obra. Comparando-se a terceira demão da terceira obra em relação à primeira obra, pode-se afirmar que houve uma redução de perda de tinta de 55,94% .

Sabendo-se que o consumo mensal de tintas gira em torno de R\$ 550.000,00; observando-se os relatórios financeiros pode-se dizer que partir de janeiro de 2.008 houve

uma redução mensal de aproximadamente 6,5% o que equivale a R\$ 36.000,00/mês e uma projeção de R\$ 432.000,00 ao ano.

Aqui neste capítulo deixa-se uma relevante contribuição para a empresa, onde o estudo de caso foi realizado, em relação a implantação do controle estatístico de processo piloto no setor de pintura a empresa, bem como uma contribuição ao meio acadêmico por meio *framework* (Figura 39) que demonstra a abordagem própria para o setor de pintura industrial, pois existe poucas referências teóricas sobre a aplicação do CEP especificamente para este setor.



**Figura 39** – *Framework* para o setor de pintura industrial

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação do Controle Estatístico de Qualidade deve ser, considerado como um processo de mudança organizacional e comportamental de toda a empresa. A direção e os colaboradores da empresa têm papel fundamental no sucesso na implementação da melhoria da qualidade e produtividade. Percebe-se a necessidade e a importância do diálogo entre chefia e funcionários objetivando a troca de informações. Por meio da coleta de dados do processo e análise de como o sistema reage a mudanças nas variáveis do processo, é fundamental para determinar o que deve ser mudado, e como deve ser iniciado o processo de mudança. Para isto, destaca-se a importância do uso de métodos estatísticos, como a inspeção de qualidade e cartas de controle.

Neste trabalho, buscou-se apresentar uma visão geral da questão da qualidade e da utilização do Controle Estatístico do Processo (CEP) como ferramenta de análise.

Os métodos estatísticos são comprovadamente eficazes para a melhoria de qualquer processo produtivo levando à redução de defeitos, por isso este trabalho constitui-se de real importância tendo em vista a aplicação e implementação do CEP na espessura do filme seco (espessura da tinta). A implantação do controle estatístico de processo, na pintura industrial, constitui-se também em uma tentativa de minimizar o prejuízo. A utilização adequada das técnicas de controle de qualidade torna-se uma excelente ferramenta na competitividade já que os tempos atuais requerem mais informações e recursos para se enfrentar condições instáveis e inesperadas.

Os resultados obtidos nesta pesquisa mostram uma boa oportunidade para os gestores aumentarem a competitividade da empresa, através da utilização do controle estatístico de processo.

Diante de todas as colocações, percepções, principalmente da Gerência Industrial bem como do corpo técnico da empresa, sugere-se a implementação do CEP para todos os tipos de pintura, em função dos resultados alcançados durante a fase de elaboração deste trabalho, onde ficou demonstrada, de forma muito evidenciada a melhora da qualidade no processo, um envolvimento maior por parte da equipe, os colaboradores (operadores) se sentindo donos do processo não somente o Coordenador. As causas especiais sendo eliminada de forma científica ou mesmo lógica onde houve ações específicas por parte dos operadores e

Coordenadores bem como de forma conjunta, e, dependendo do caso, o envolvimento de outros setores.

Outro ponto importante foi à redução de custo no processo de pintura, bem como. o interesse que emergiu por parte de outros setores, com o propósito inicial de conhecer o CEP, e certamente de implementá-lo num futuro próximo. Com isto foi evidenciando uma clara demonstração de uma melhor interação cliente-fornecedor interno.

Foi construída e colocada em execução durante o desenvolvimento deste trabalho uma Carta de Controle experimental (Anexo 3), a qual está sendo usada para monitorar o processo de pintura, servindo para tomadas de ações corretivas, tanto pelos operadores quanto pelas chefias (Coordenadores/Gerencias).

Espera-se, com essa pesquisa, que os resultados sejam de grande importância para a empresa, pois a técnica proposta deverá ajudar na tomada de decisão, quanto à melhoria de qualidade da pintura das obras contratadas onde foi verificado que proporciona uma redução de custos significativa, bem como a utilização do controle estatístico de processo no setor de pintura industrial meio do *framework* desenvolvido, por parte de outras empresas que trabalhem com pintura industrial.

## **5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Implantar o CEP em todos os setores da empresa.
- Após ter sido implantado o CEP em todos os todos os setores da empresa, aplicar o sistema de matrizes do QFD (*Quality Function Deployment*- Desdobramento da Função Qualidade), para que se conheçam melhor as aspirações do cliente e sua identificação com os processos e características de qualidade de pintura industrial.
- Utilização de gráficos de controle por atributo para outras características que fazem parte do processo de pintura que não mensuráveis.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P. C. G. **Aplicação da metodologia, de análise e solução de problemas na célula lateral de uma linha de produção automotiva.** São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.unitau.br.pdf>> Acesso em 20 setembro 2007.
- ANDRADE, F. F. **O Método de Melhorias PDCA.** São Paulo: 2003. Disponível em: [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04092003-150859/](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04092003-150859/) > Acesso em 20 setembro. 2006.
- BAYEUX, C. Análise da capacidade de processos (Parte 1). **Revista Banas Qualidade. Gestão, Processos e Meio Ambiente.** São Paulo, nº 108, maio 2001.
- BREYFOGLE III, F. W. *Statistical Methods for Testing, Development and Manufacturing.* 1ª edição. USA: Editora John Wiley & Sons, Inc, 1992.
- BUCHAIM, J. G.; BARBOSA NETO, P. R. **Controle Estatístico do Processo Fundamental.** São Paulo: QPB. Consultoria e Treinamento, 1994.
- CAMARGO, M. E. ; SORTICA, G. B.; PRIESNITZ FILHO, Walter, RUSSO, S. L. Análise do Desempenho das Cartas de Controle Aplicadas no Serviço Logístico. **Revista Opinião Jure.** Canoas, 2004.
- CAMPOS, V. F. **Qualidade total: padronização de empresas.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- CERTO, S. C., PETER, J. P. **Administração Estratégica: Planejamento Implantação da Estratégia.** São Paulo: MAKON Books, 1993.
- COOPER, D.R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração.** 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K. ; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico da Qualidade.** São Paulo: Atlas, 2004.
- COSTA NETO, P. L. de O. **Estatística.** 18ª Reimpressão. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2000.
- CROSBY, P.B. **Qualidade é Investimento.** Rio de Janeiro. Ed. J. B, 1991.
- DELLARETTI, Osmário F. **Itens de Avaliação de Processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni,1994.

DEMING, W. Edward. **A Nova Economia para a Indústria, o Governo e a Educação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

GIL, Antônio C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1995.

GRAÇA Jr, J. C. da. **O CEP acaba com as variações?** Revista Controle da Qualidade. São Paulo, Editora Bannas, 1996.

HRADESKY, J. L. **Aperfeiçoamento da Qualidade e da Produtividade, Guia prático para Implementação do Controle Estatístico de Processo – CEP**, Trad. Maria Cláudia de Oliveira Santos, Rev. Técnica José Carlos de Castro Waeny, São Paulo: Mc Graw-Hill, 1989

ISHIKAWA, K. **TQC – Total Quality Control. Estratégia e Administração da Qualidade**. 1. Edição. São Paulo – SP: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1986.

JURAN, J. M. **A Qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da Qualidade em produtos e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1992.

JURAN, J. M. **Juran na Liderança pela Qualidade. 2. Edição. São Paulo: Livraria Editora Pioneira , 1993.**

JURAN, J.M.; GRZYNA, F.M. **Controle da Qualidade**. 4. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1993. v. 6-7.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control. 2 ed.** Canadá: John Wiley & Sons, 1991.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to Statistical Quality Control. 3ª Edition**, John Wiley and Sons, Inc. New York. 1996.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**, 4th ed. Wiley, New York, 2 000.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade**, 4th ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004.

NUNES,L.P.; LOBO, C. A. **Pintura Industrial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990.

OWEN, Mal. **SPC and Continuous Improvement**. 1 ed. USA: IFS Publications, 1989.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade no Processo**. 1 ed. São Paulo: Editora Atlas, 1995.

PALADINI, E.P. **Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas da qualidade total**. São Paulo: Atlas, 1997.

- PEARSON, W. L., KOTZ, S., JOHNSON, N. L. Distributional and Inferencial Properties of Process Capability Indices. **Journal of Quality Tecnhnology**, vol. 24, 1992.
- PINCE, B. W. **Fundamentos de Controle Estatístico de Processo**. São Paulo: A.I.A.G., 1991.
- PORTER, M. E. **Generic Competitive Strategies, Competitive Strategies**. Free Press, Nova York, 1980.
- RAMOS, A. W. **Controle estatístico de processo para pequenos lotes**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1995.
- RAMOS, E. M. L. Soares. **Aperfeiçoamento e Desenvolvimento de Ferramentas do Controle Estatístico da Qualidade – Utilizando Quartis para Estimar o Desvio Padrão**. Florianópolis: UFSC, 2003. Tese (doutorado) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- ROCHA, R. **Implementação de sistema gerencial, com avanços em controle estatístico, em laboratório de nutrição animal**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis. 2004.
- SHEWHART, W. A. **Economic control of quality of the manufactured product**. New York: Van Nostrand, 1931.
- SCHISSATTI, M. L. **Uma Metodologia de Implantação de Cartas de Shewhart para o controle de processos**. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC.
- SOARES, M. de V. P. P. **Aplicação do Controle Estatístico de Processos em Indústria de Bebidas: um Estudo de Caso**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC.
- SOARES, V. L.M.P.; GUEDES, T. A. Controle Estatístico do Processo em Pintura Industrial. **Acta Sci. Technol.**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 225-232, July/Dec., 2006
- SOUZA, G. R. **Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma Empresa de Bebidas**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- SOUZA, R. A. de. **Análise da Qualidade do Processo de Envase de Azeitonas Verdes Através de Algumas Ferramentas do Controle Estatístico de Processo**. Florianópolis:

UFSC, 2003. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2003.

SOUZA, R. C.; CAMARGO, M. E. **Análise e Previsão de Séries Temporais - Os Modelos Arima**. 2. ed. Rio de Janeiro: Gráfica e Editora Regional, 2004.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em:

[www.posarq.ufsc.br/download/metPesq.pdf](http://www.posarq.ufsc.br/download/metPesq.pdf)>. Acesso em: 04 FEV. 2007,

STONER, J. A. S., FREMAN, R. E. **Administração**. 58 ed. Rio de Janeiro: Prentic-Hall, 1995.

TRIPODI, T. et al. **Análise da Pesquisa Social: Diretrizes para o uso de Pesquisa em Serviço Social e em Ciências Sociais**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1975.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais**. São Paulo : Atlas, 1995.

VEIT, E.. **Aplicação do Controle Estatístico de Processos em Indústria de Cabinas: um Estudo de Caso**. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC.

VERGARA, S. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas.1998.

WERKEMA, M.C.. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. 1 ed. Belo Horizonte: FCO, 1995b.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2001.

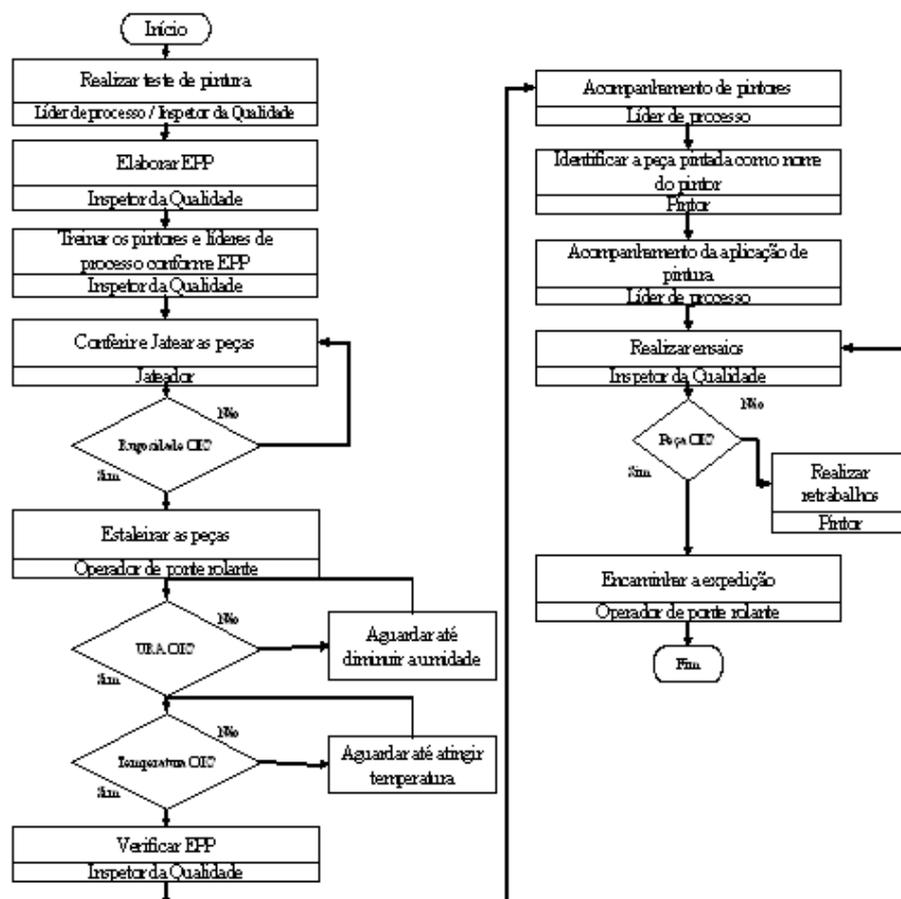
**ANEXO 1 - Especificação do Processo de Pintura**

		<b>ESPECIFICAÇÃO DO PROCESSO DE PINTURA</b>				NP: _____ Folha: _____ Data: _____ Rev.: _____	
OBRA:							
CLIENTE:							
FORNECEDOR DA TINTA:							
<b>CONDIÇÕES ESPECÍFICAS</b>							
Substrato:							
Método de Aplicação:							
Preparo de Superfície:							
<b>CÓPIA CONTROLADA</b>							
<b>ESQUEMA DE PINTURA</b>							
Informações do produto	Item do Esquema	1ª Demão		2ª Demão		3ª Demão	
	Tinta						
	Nome Comercial						
	Norma						
	Cor						
	Intervalo entre Demãos de Tinta	No mínimo	No máximo	No mínimo	No máximo	No mínimo	No máximo
Instruções de Aplicação	Espessura Filme Seco	Recomendado		Máximo		Recomendado	
	Proporção de Diluição do solvente	Recomendado		Máximo		Recomendado	
	Proporção de Diluição do solvente	Recomendado		Máximo		Recomendado	
	Espessura Filme Úmido	Recomendado		Máximo		Recomendado	
	Pressão da Rede de Ar						
	Pressão de Ar no Tambor						
Nº de Passos							
Rendimento							
OBS:							
<b>REPARO DE PINTURA NO CANTEIRO DE OBRA</b>							
<b>OBSERVAÇÕES</b>							
Digitado:							
Aprovado:							

## ANEXO 2 – Fluxograma de Pintura

PROCEDIMENTO DA QUALIDADE  
PRODUÇÃO E SERVIÇO

## Fluxograma de Pintura









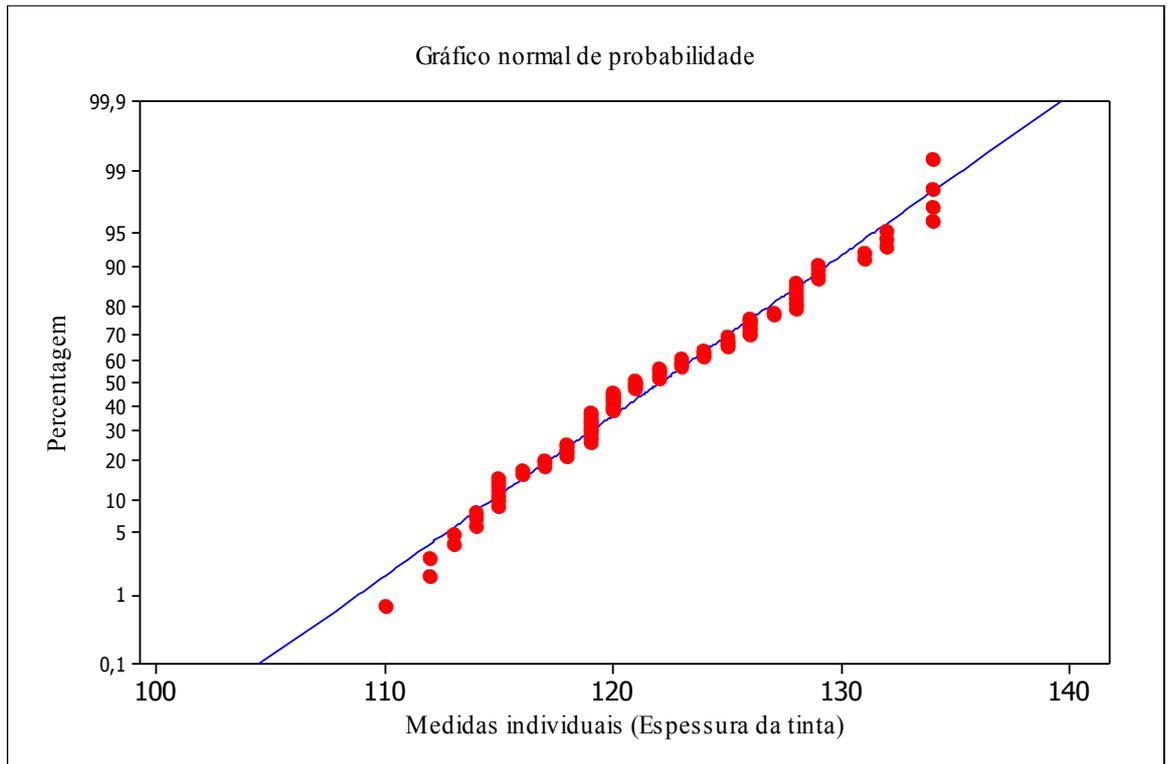


Gráfico Normal de probabilidade – Primeira demão da primeira obra

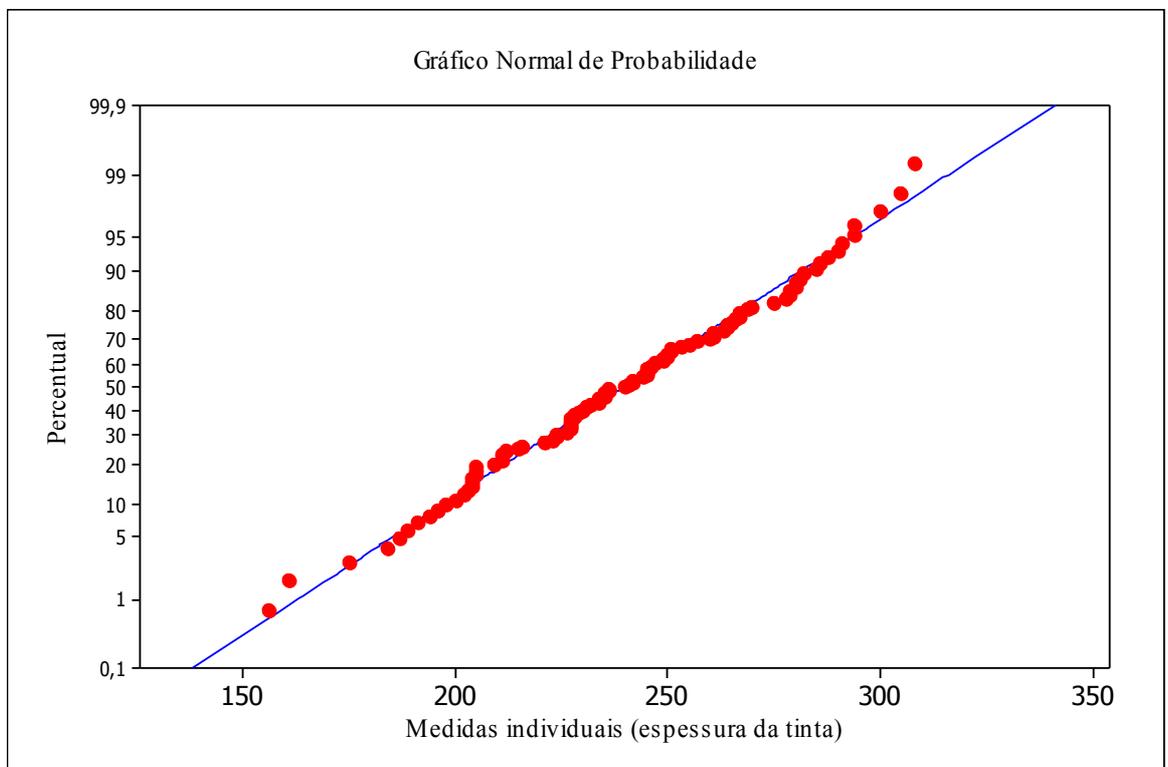


Gráfico Normal de probabilidade – Segunda demão da primeira obra

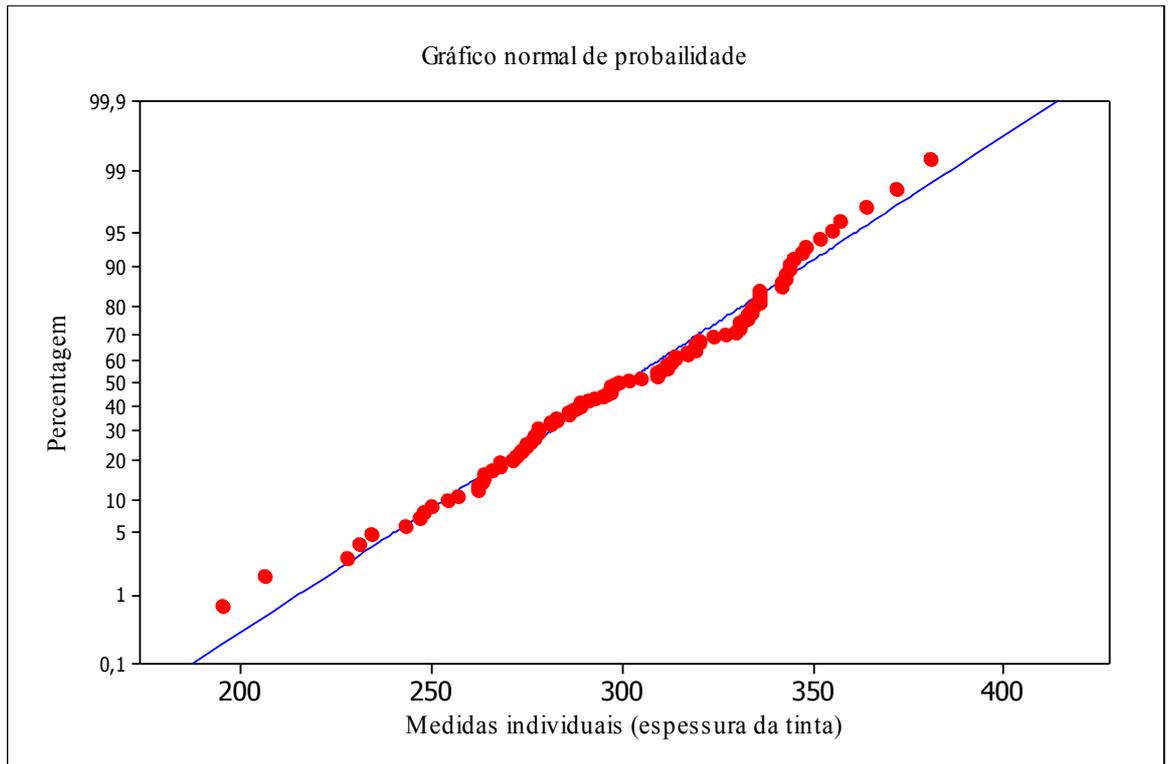
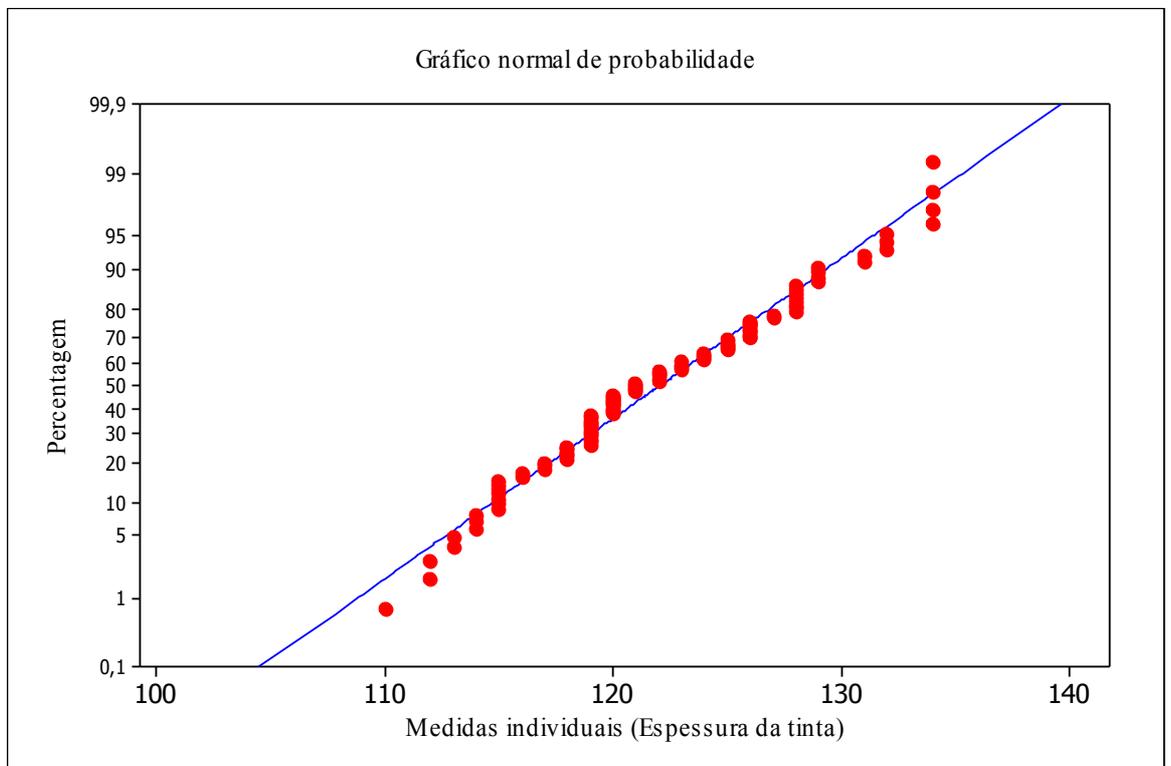


Gráfico Normal de probabilidade – Terceira demão da primeira obra



- Gráfico normal de probabilidade – Primeira demão da segunda obra

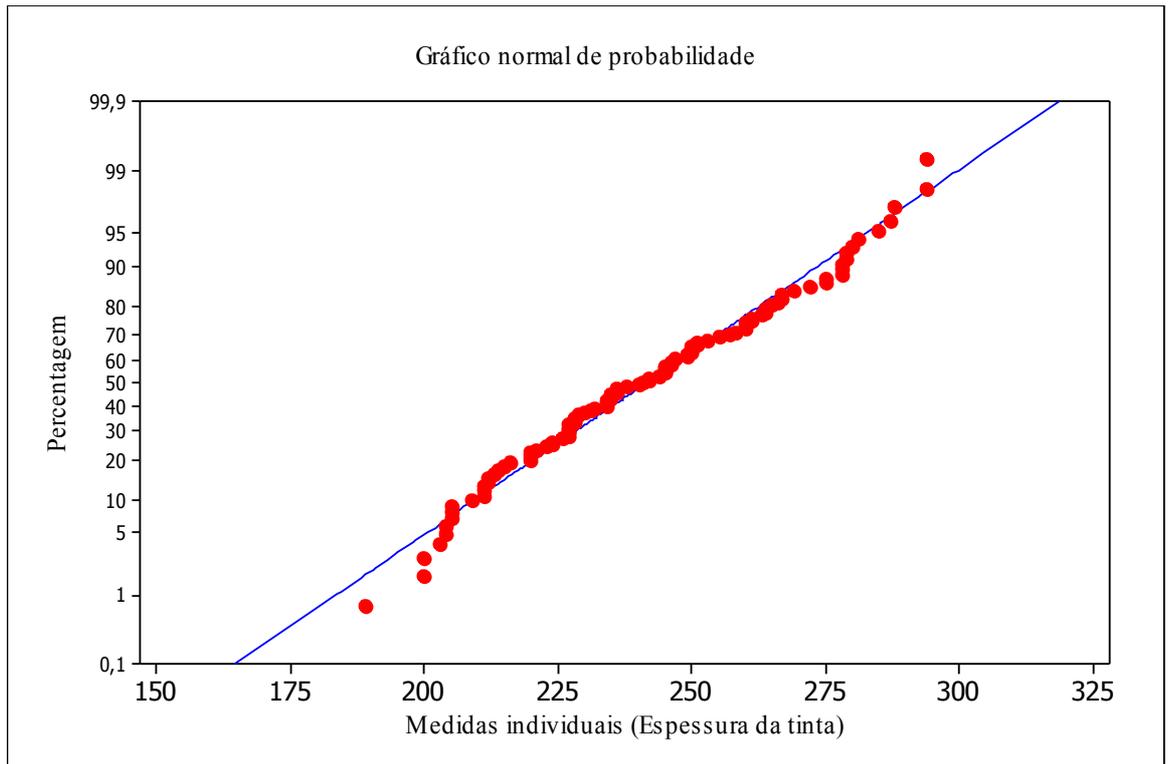


Gráfico normal de probabilidade – Segunda demão da segunda obra

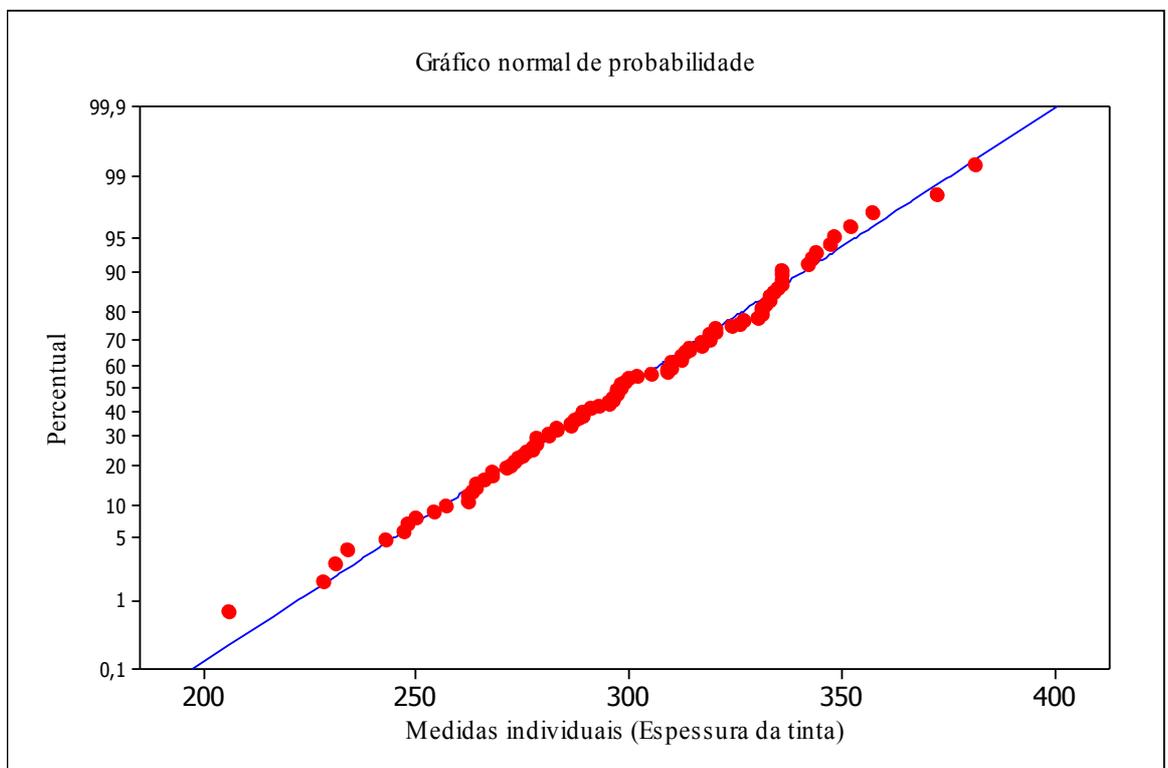


Gráfico normal de probabilidade – Terceira demão da segunda obra

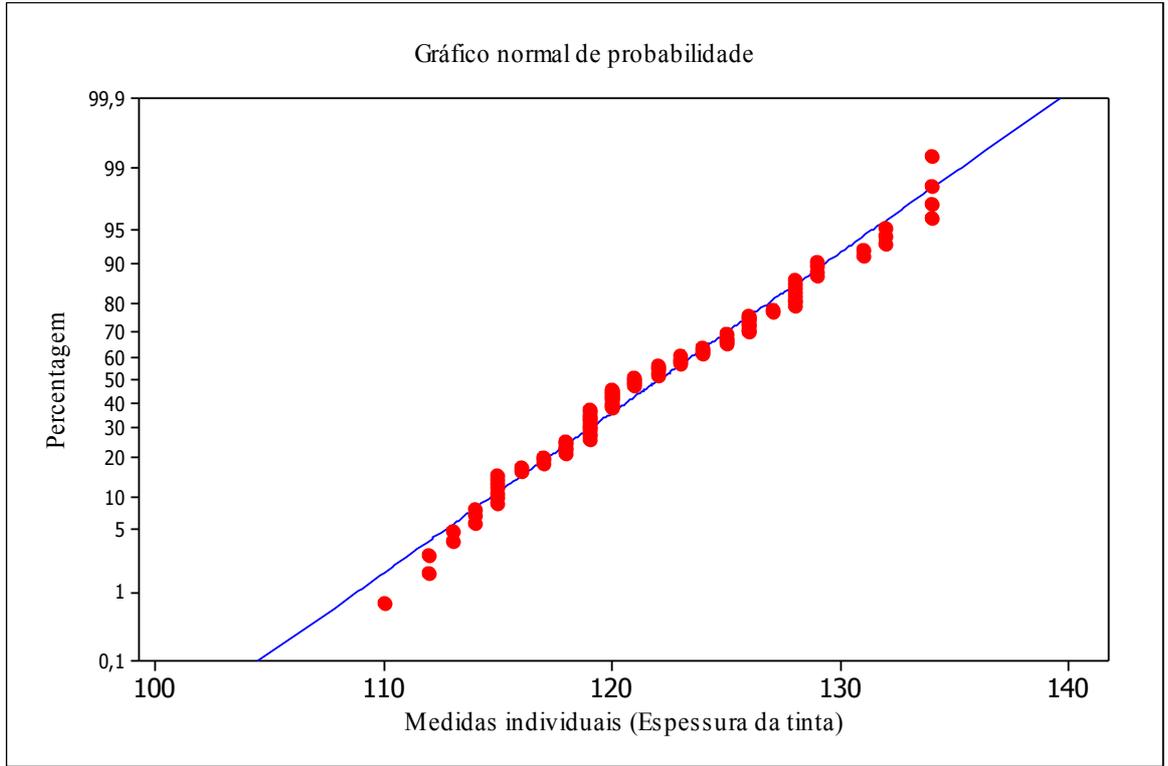


Gráfico normal de probabilidade – primeira demão da terceira obra

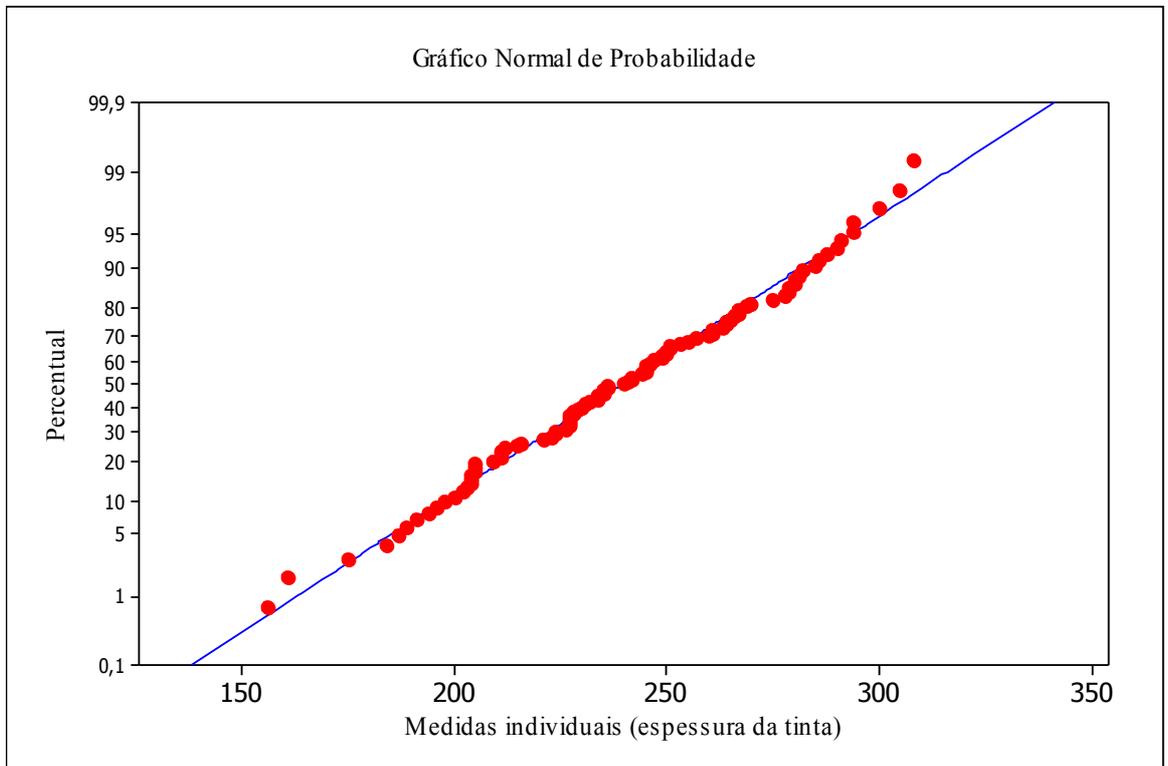


Gráfico normal de probabilidade – Segunda demão da terceira obra

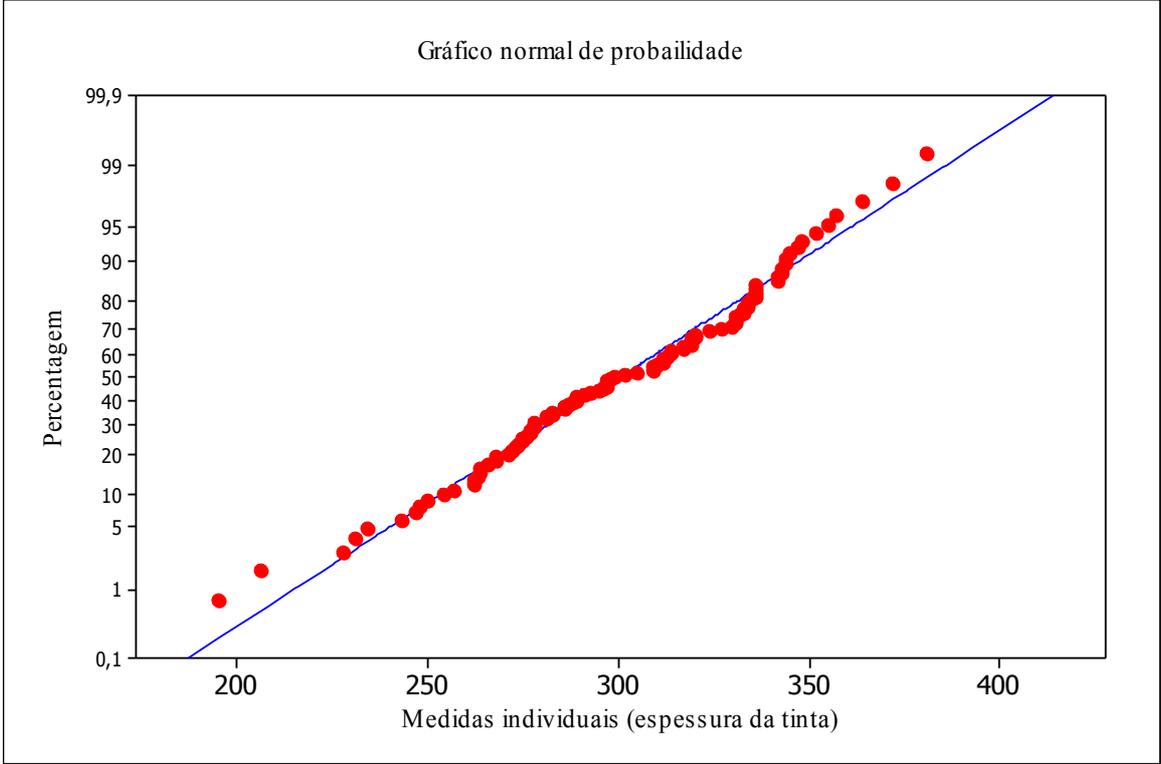
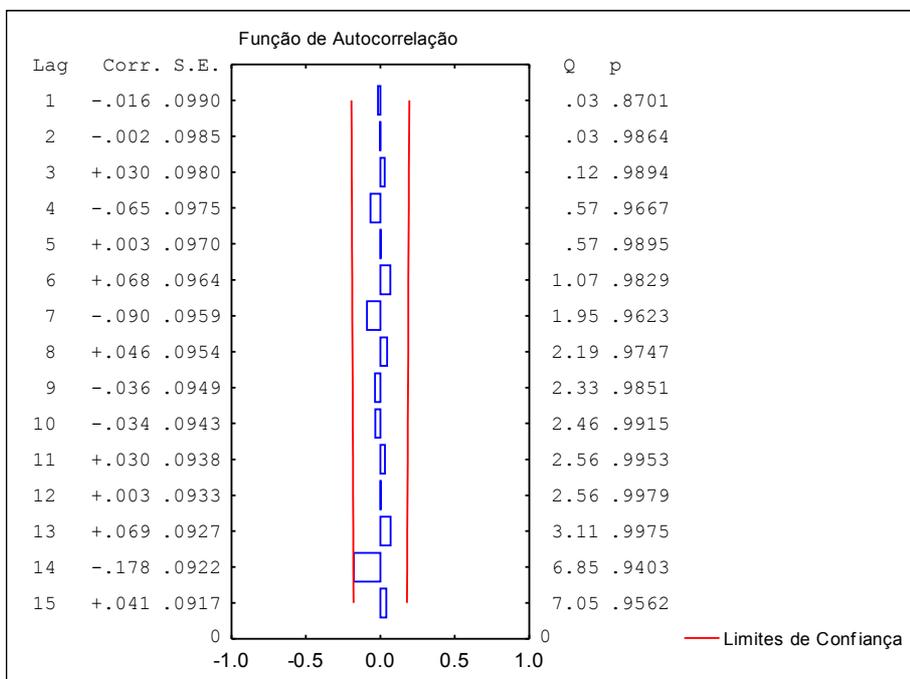
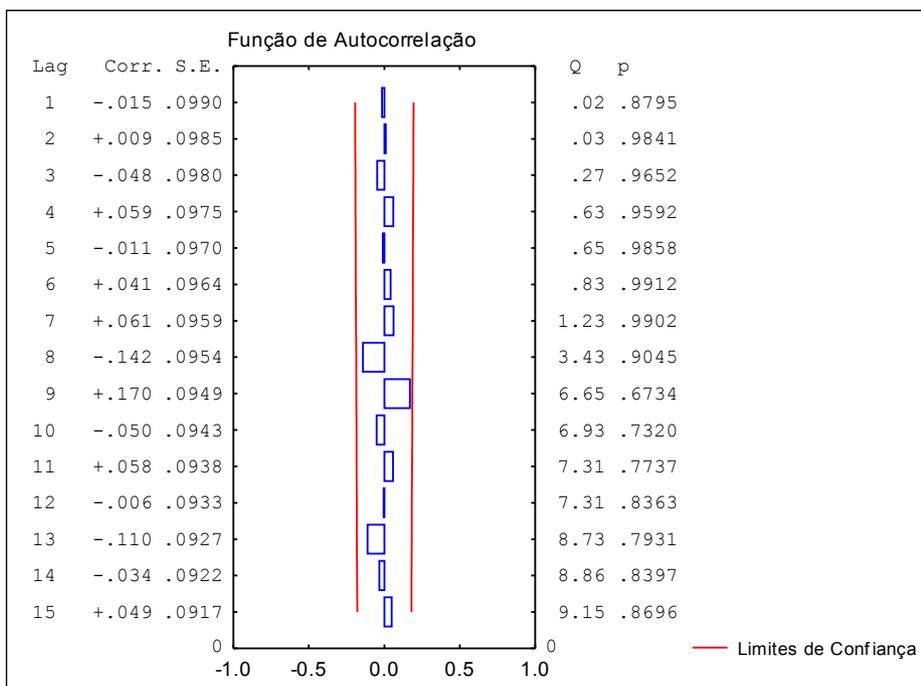


Gráfico normal de probabilidade – Terceira demão da terceira obra

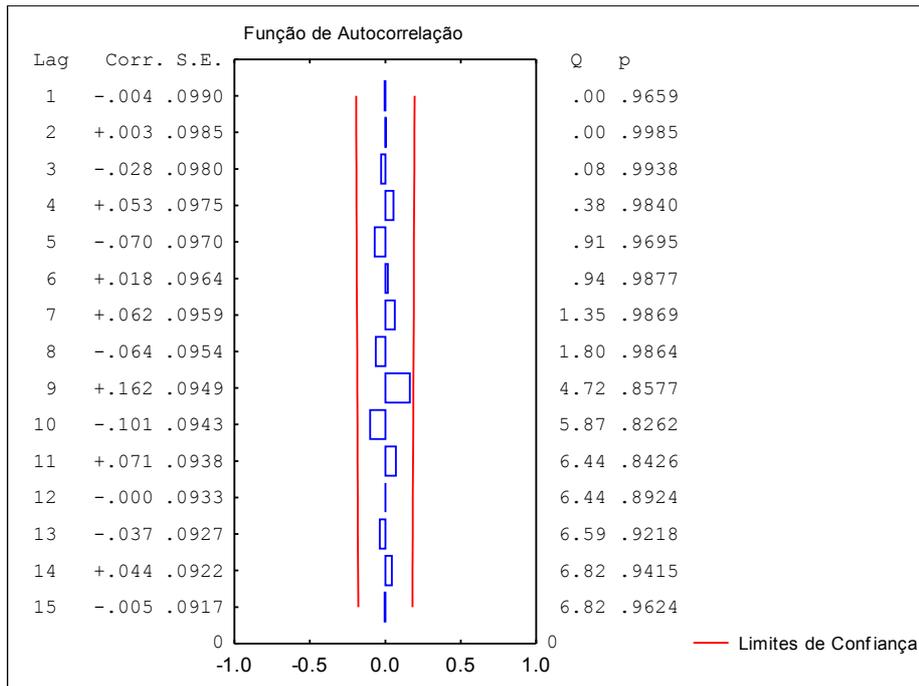
## ANEXO 6 – Correlogramas



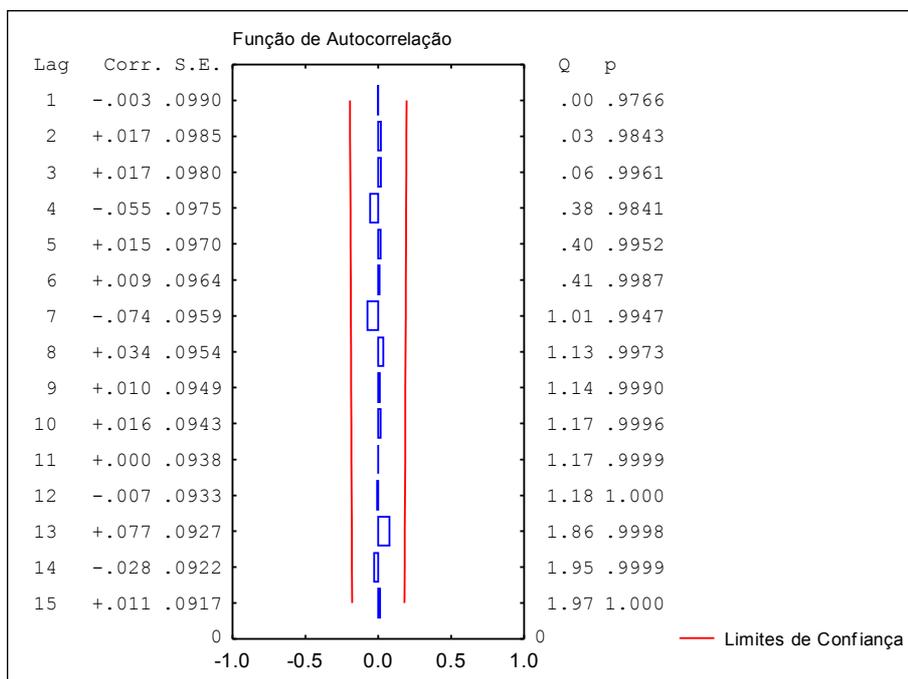
Primeira Obra: primeira demão



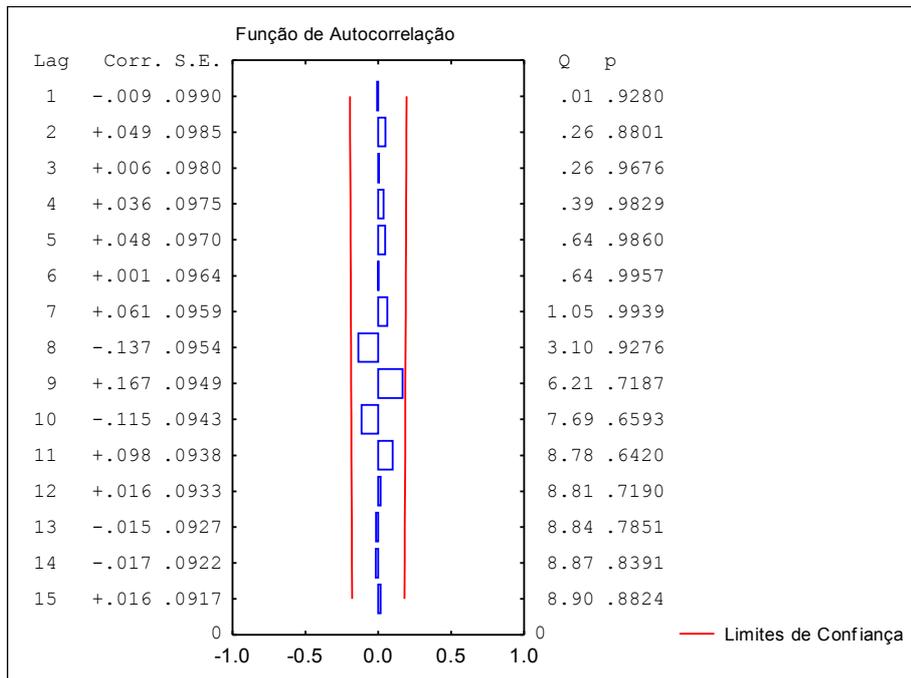
Primeira Obra: segunda demão



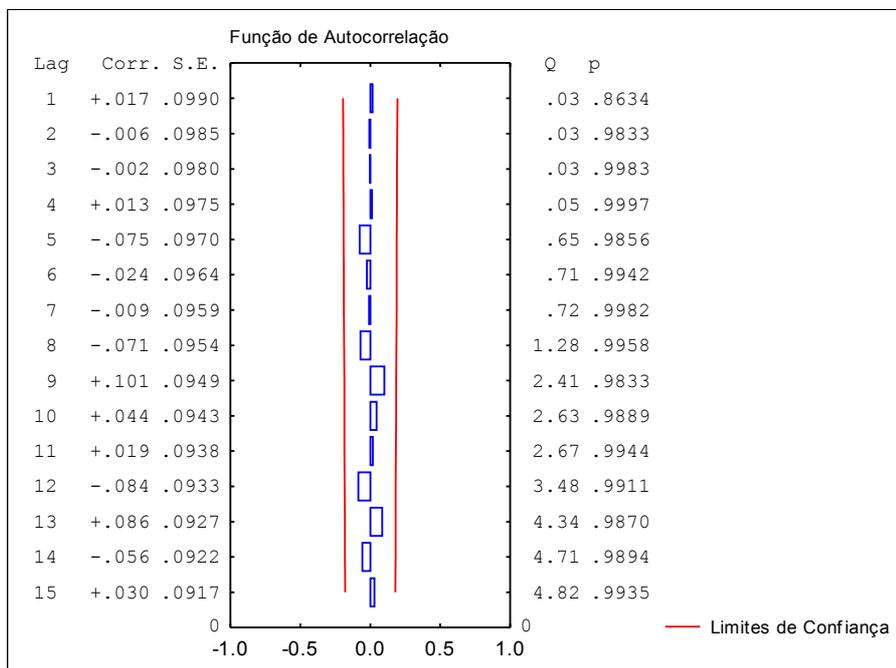
Primeira Obra: terceira demão



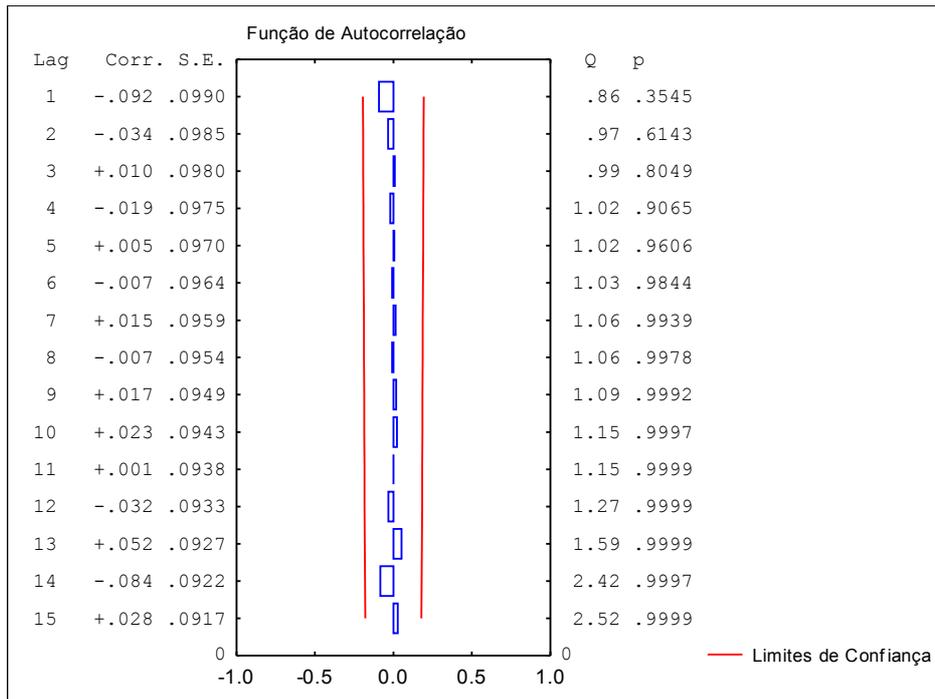
Segunda Obra: primeira de mão



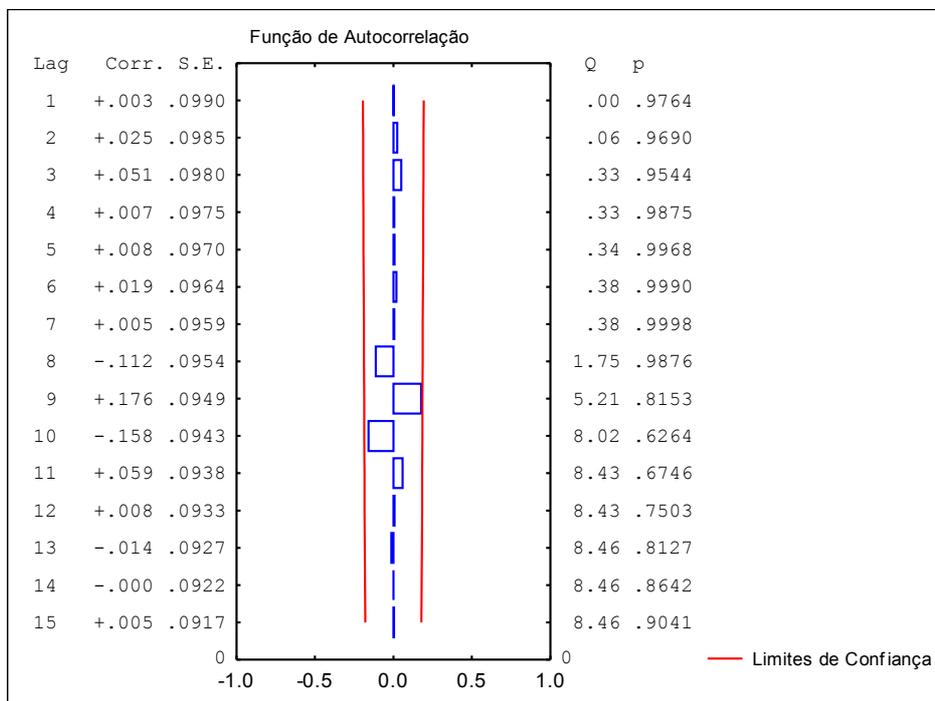
Segunda Obra: segunda demão



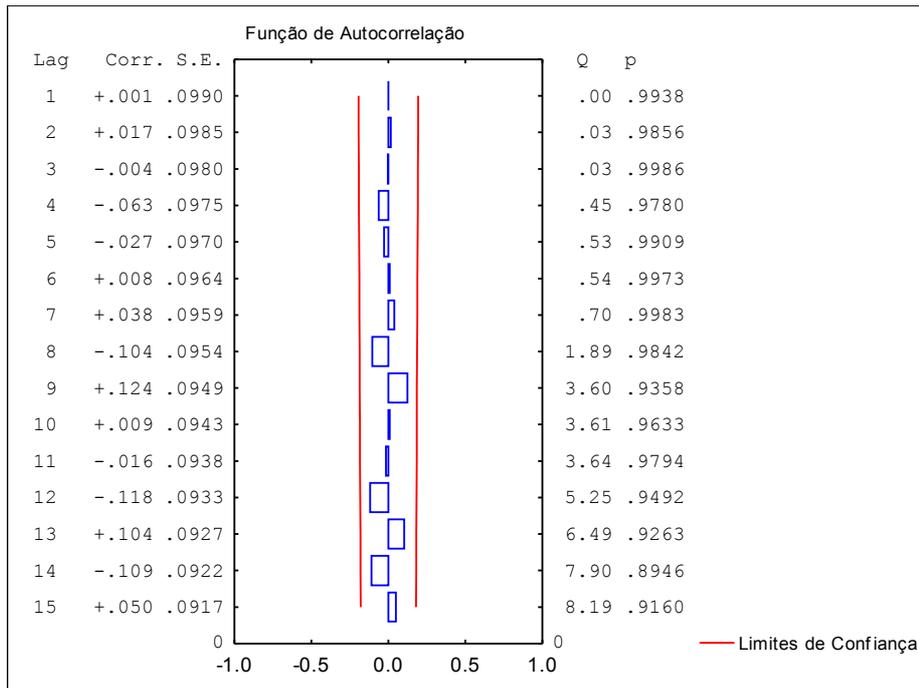
Segunda Obra: terceira demão



Terceira Obra: primeira demão



Terceira Obra: segunda demão



Terceira Obra: terceira demão