

A APLICABILIDADE DOS GRÁFICOS DE CONTROLE NAS EMPRESAS COMO MODELO DE INSPEÇÃO PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

DENYSE ROBERTA CORREA CASTRO (UEPA)

denyse.castro@hotmail.com

Mayra Oliveira Ramos (UEPA)

mayraolramos@hotmail.com

Danilo de Oliveira Costa (UEPA)

danilo.costa14@hotmail.com

VINICIUS FERREIRA DE SOUZA (UEPA)

vinicius.engp@hotmail.com

Leony Luis Lopes Negrao (UEPA)

leonynegrao@gmail.com



Este artigo tem como base teórica os regimes de inspeção, a confiabilidade do processo de inspeção e o controle estatístico da qualidade, e como objetivo, a partir da avaliação da qualidade por modelos de inspeção, enfatizar como a aplicabilidade dos gráficos de controle por atributos e por variáveis podem ser utilizados no processo produtivo das empresas. Como resultado este artigo demonstrará tal aplicação através da análise dos resultados obtidos e construção dos gráficos de controle dos exemplos que serão trabalhados.

Palavras-chaves: Inspeção, qualidade, gráficos de controle

1. Introdução

O controle de qualidade começa muito antes de os produtos e serviços serem entregues aos clientes. Logo no início do sistema de produção as matérias primas, peças e suprimentos devem ser de alta qualidade antes de ser utilizados. Os materiais são examinados para garantir que estão de acordo com as especificações adequadas – força, tamanho, cor, acabamento, aparência, conteúdo químico, peso e outras características. À medida que os materiais vão indo adiante na produção, analisa-se a qualidade dos produtos parcialmente concluídos, para determinar se os processos de produção estão operando de acordo com o desejado. Esse monitoramento visa melhorar a qualidade do produto e identificar tendências indesejáveis que indicam medidas corretivas que precisam ser tomadas. (GAITHE; FRAZIER, 1998)

Desta maneira, este artigo expõe tópicos que abrangem os regimes de inspeções, a confiabilidade do processo de inspeção e o controle estatístico da qualidade, dando ênfase para a aplicação dos gráficos de controle por atributos e por variáveis no processo de controle da qualidade das empresas, mostrando exemplos com a elaboração dos gráficos de controle para melhor interpretação da solução do problema dentro da avaliação da qualidade.

2. Referencial Teórico

2.1. Inspeções

A qualidade nos séculos XVIII e XIX era vista de forma diferente da concepção que se tem hoje sobre a mesma. A produção de bens era realizada de forma artesanal, por artesãos que detinham a técnica e o conhecimento da fabricação, a quantidade produzida de cada produto era pequena e a avaliação da qualidade dos produtos era realizada de forma informal, quanto feita. A inspeção formal só passou a ser utilizada quando o modo de produção modificou-se do artesanal para a fabricação em massa. Isso ocorreu devido a ocorrência da Revolução Industrial que inseriu uma verdadeira revolução nos sistemas fabris existentes até então, utilizando o modo de produção em massa com a utilização das máquinas. (SILVA; LEITE, 2009)

Taylor, o pai da administração científica, atribuiu maior legitimidade à atividade de inspeção, separando do processo de fabricação e atribuindo aos profissionais especializados. Assim, as atividades de inspeção se tornaram rapidamente em um processo independente e associado ao controle da qualidade. (FUNDAMENTOS, 2009)

Inspeção é o processo que busca identificar se uma peça, amostra ou lote atende determinadas especificações de qualidade. Realiza-se em produto já existente, para verificar se a qualidade das partidas apresentadas atende as especificações de aceitação. A inspeção sempre é centrada em uma característica da qualidade, e de acordo com a importância desta característica para o funcionamento da peça avaliada, o resultado da inspeção pode leva-la a rejeição. (INSPEÇÃO, 2010)

2.2. Regimes de Inspeção

Segundo Peinado & Graeml (2007) a NBR 5426 descreve três regimes de inspeção: normal, severo e atenuado. Quando a empresa passa a utilizar um sistema de aceitação por

amostragem deve optar pelo regime normal de inspeção. Com o passar das inspeções, dependendo dos resultados obtidos, pode-se alterar o regime de inspeção, conforme descrito a seguir.

Alteração de regime de inspeção de normal para atenuado

Se os lotes inspecionados são sempre aprovados é possível passar do regime normal para o regime atenuado, em que a empresa economiza tempo e recursos. (PEINADO; GRAEML 2007)

Alteração de regime de inspeção de normal para severo

Se ocorrerem situações de lotes rejeitados em demasia, é recomendado que se substitua o regime normal pelo regime severo. (PEINADO; GRAEML 2007)

Alteração de regime de inspeção de atenuado para skip lote

Se os lotes inspecionados passaram do regime normal para o regime atenuado e continuam não apresentando ocorrências de rejeição, é possível passar do regime atenuado para o regime *skip lote*. (PEINADO; GRAEML 2007)

Suspensão da inspeção

Se mesmo ao se adotar o regime *skip lote*, os lotes inspecionados continuarem não apresentando rejeição durante determinado número preestabelecido de inspeções, o produto pode passar a ser considerado de qualidade assegurada e as inspeções de recebimento são suspensas. (PEINADO; GRAEML 2007)

Retorno à condição anterior

Caso a qualidade apresente piora, é possível reverter o regime de inspeção. Por exemplo, um regime atenuado pode retomar à condição de regime normal, caso um lote seja rejeitado. (PEINADO; GRAEML 2007)

2.3. Confiabilidade do processo de inspeção

Confiabilidade é a probabilidade de que um sistema (equipamento, componente, peça, *software*, pessoa) dê como resposta aquilo que ele se espera, durante certo período de tempo e sob certas condições. É fácil perceber que existe uma estreita relação entre qualidade e confiabilidade. Aliás, a confiabilidade é uma das várias dimensões da qualidade, e sua procura tem levado a produtos de qualidade cada vez maior. (MARTINS; LAUGENI, 2006)

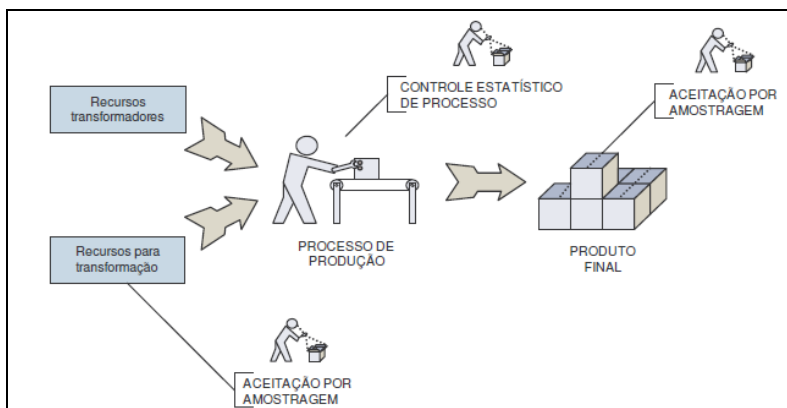
Quando se combina peças componentes para formar um produto, a confiabilidade combinada de todos os componentes forma a base para a confiabilidade do produto ou do sistema. Quando combina componentes essenciais independentes- aqueles que podem fazer diretamente o produto falhar- para formar um produto, determina-se a confiabilidade do sistema multiplicando-se as confiabilidades de todos os componentes essenciais que interagem. (GAITHER; FRAZIER, 1998)

2.4. Controle Estatístico de inspeção da qualidade

Para Peinado & Graeml (2007) os métodos de verificação e controle de especificações de qualidade podem ser classificados em duas amplas categorias:

- Aceitação por amostragem;
- Controle estatístico de processo.

A Figura 1 ilustra a aplicação dos métodos de controle estatístico da qualidade: *amostragem* de matérias-primas e produtos acabados e *controle estatístico de processo* para itens em processamento.



Fonte: Peinado; Graeml (2007)

Figura 1 - Aplicação dos métodos estatísticos da qualidade

2.4.1. Aceitação por Amostragem

A *aceitação por amostragem* envolve a retirada de uma amostra de um lote de material (matéria-prima, componentes ou produto acabado) para verificar a quantidade de itens não conformes e comparar com um padrão pré-estabelecido. O propósito da *aceitação por amostragem* é decidir se o lote pode ou não ser aprovado, com base nas informações obtidas a partir da amostra. (PEINADO; GRAEML 2007)

Segundo Peinado & Graeml (2007) o processo de controle da qualidade baseado na *aceitação por amostragem*, embora muito utilizado pelas empresas, não é isento de críticas. Alguns dos proponentes da qualidade total ressaltam duas características indesejáveis deste tipo de avaliação:

- Trata-se de um processo que verifica matérias-primas, componentes e produtos, depois que estes já estão finalizados pelo processo. Assim, os recursos já foram utilizados e nada ou muito pouco se pode fazer quando um lote é recusado. Esta situação vai contra um dos principais princípios da qualidade total: fazer certo na primeira vez.
- A aceitação por amostragem permite que determinada quantidade de produtos defeituosos seja aceita como normal. Para quem não tolera falhas, esta condescendência com defeitos pode parecer absurda.

Diante dessas críticas relacionadas à aceitação por amostragem como método estatístico de inspeção de qualidade expostos acima, este trabalho enfatizará o Controle Estatístico do Processo utilizando os gráficos de controle como medidas para a avaliação da qualidade.

2.4.2. Controle Estatístico do Processo

Os principais objetivos da utilização do CEP (Controle Estatísticos de Processos) é conhecer o processo produtivo para avaliar a qualidade, prevenir defeitos, evitar desperdícios, eliminar o que comprometa a eficiência e reduzir custos. A utilização do CEP dentro dos processos produtivos de uma empresa tem como características de utilização: a rápida comunicação de defeitos e imediata ação corretiva; qualquer informação é relevante (trabalha-se com resultado de amostras); prevenção de defeitos e tarefa de todas as áreas ligadas a produção. (PALADINI, 2002)

O CEP pode ser utilizado para o controle de grandezas variáveis que podem ser medidas, como dimensões ou peso, por exemplo. Neste caso, utilizam-se os gráficos de controle das médias e das amplitudes das amostras retiradas durante o processo produtivo. O CEP também pode ser utilizado para o controle de grandezas do tipo atributo, as quais não necessitam de um instrumento de medida para serem conhecidas, como riscos ou manchas em uma pintura, por exemplo. Nestes casos, utilizam-se os gráficos de controle do tipo P, que verifica a porcentagem de produtos defeituosos, ou os gráficos do tipo C, que verificam o número de defeitos por peça. (PEINADO; GRAEML, 2007)

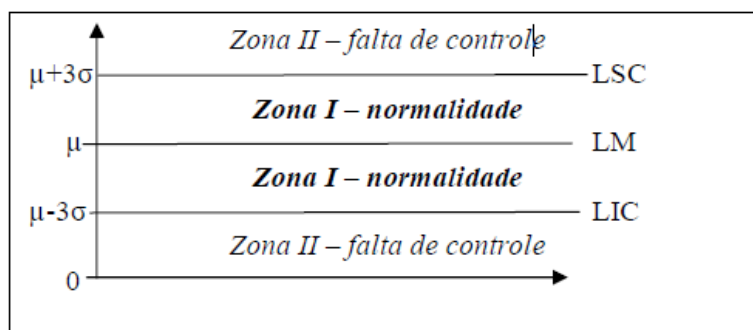
2.5. Gráfico de Controle como modelo de inspeção

O gráfico de controle tem como objetivo principal indicar quando os processos de produção podem ter mudado o suficiente para afetar a qualidade do produto. É feita então uma investigação das causas das mudanças. Se a indicação for de que a qualidade do produto se deteriorou ou pode se deteriorar no futuro, o problema é corrigido tomando-se medidas como substituir ferramentas desgastadas, fazer ajustes nas máquinas ou treinar e instruir trabalhadores. Se a indicação de que a qualidade é melhor do que a esperada, é importante descobrir por que, para que a alta qualidade possa ser mantida. (GAITHER; FRAZIER, 1998)

Um fenômeno detectado na gestão da qualidade é o da degradação da eficiência nas inspeções por amostragem. Este fenômeno ocorre porque as inspeções não são 100% precisas, pois os inspetores falham com alta frequência. Por exemplo, uma inspeção por amostragem 100% é 80% precisa. Com isto, um em cada cinco defeitos será enviado ao cliente. (CRAIG, 2004)

Para tornar a inspeção mais eficaz e para não se ter que utilizar amostragem 100% foram criados os gráficos de controle (SHEWHART, 1986).

Com os gráficos de controle, o zero defeito passa a ser factível. Os gráficos de controle distinguem a variabilidade aleatória da não aleatória. A base do gráfico de controle é a distribuição amostral, que tende a ter a curva de probabilidades associada a uma distribuição gaussiana. O gráfico de controle tem dois limites - calculados a partir dos dados amostrais - que separam a variação aleatória da variação não aleatória. O valor maior corresponde ao limite superior de controle (LSC) e o valor menor é chamado de limite inferior de controle (LIC). Uma estatística amostral localizada entre esses dois limites sugere a aleatoriedade da distribuição, enquanto um valor exterior a um dos dois limites sugere a não aleatoriedade. Nos gráficos de controle é comum a utilização do LSC três sigmas acima da linha média ($\mu + 3\sigma$) e do LIC três sigmas abaixo desta ($\mu - 3\sigma$). (REBELATO; SOUZA; RODRIGUES; RODRIGUES, 2006). A Figura 2 ilustra um exemplo de gráfico de controle.



Fonte: Martins (2012)

Figura 2 – Representação dos Gráficos de Controle

Quanto à sua interpretação, se os pontos traçados no gráfico estiverem dentro dos limites de controle e dispostos de forma aleatória, pode-se dizer que o processo está sob controle estatístico. Caso contrário, se um ou mais pontos estiverem fora dos limites de controle ou estiverem dispostos de forma não aleatória, pode-se dizer que o processo está fora de controle estatístico, indicando a existência de uma ou mais causas determináveis (assinaláveis) de variação, sendo necessária a identificação e a correção desses fatores que causam tais variações para que a variabilidade do processo seja reduzida (SIQUEIRA, 1997).

De acordo com Juran (1991), os gráficos de controle devem ser utilizados para:

- a) Alcançar um estado de controle estatístico no processo;
- b) Monitorar um processo;
- c) Determinar a aptidão do processo;
- d) Diminuir custos de teste dos produtos, no caso de teste destrutivo.

2.5.1. Gráfico para controle de variáveis

Para controle das grandezas do tipo variável do processo, parte-se da hipótese de que a variável a ser controlada segue uma distribuição normal, portanto, deve-se controlar a média e o desvio padrão da distribuição. Se a média e a amplitude das amostras não tiverem variação ao longo do tempo, o processo estará sob controle. Assim sendo, são utilizados dois gráficos de controle estatístico de processo: um gráfico para o controle da média e outro para o controle da amplitude. (PEINADO; GRAEML, 2007)

Para Martins & Laugeni (2006) o processo de controle de variáveis deve seguir cinco fases:

Fase 1 : Determinar os limites dos gráficos de controle da média e da amplitude para cada variável a ser controlada;

Fase 2 : Estabelecer um plano para a retirada das amostras das peças do processo. Cada amostra tem um determinado número de peças;

Fase 3 : Para cada amostra retirada, medir média e a amplitude;

Fase 4 : Colocar os valores encontrados nos gráficos, verificando se estes se situam nos limites do gráfico, caso em que o processo estará sob controle:

Fase 5 : Análise e atuações. Os resultados obtidos devem ser analisados verificando se existe a necessidade de algum tipo de ação.

Para o processo de controle de variáveis existem dois tipos de gráficos:

A) Gráfico das médias: \bar{x}

Os limites do gráfico de controle da média podem ser calculados de duas formas. A primeira forma pode ser utilizada quando o desvio padrão do processo é conhecido, neste caso, basta considerar três vezes este desvio padrão acima e abaixo da média para cálculo dos limites de controle, conforme descrito nas fórmulas 1, 2, 3 e 4:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{x}} \quad (1)$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{x}} \quad (2)$$

$$LM = \bar{\bar{X}} \quad (3)$$

$$\text{Sendo: } \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

Onde:

$\sigma_{\bar{x}}$ = desvio padrão das médias das amostras

σ = desvio padrão do processo

n = número de elementos da amostra

$\bar{\bar{X}}$ = média das médias das amostras

A segunda forma é utilizada quando o desvio padrão do processo não é conhecido. Em função disto, foi desenvolvida uma maneira prática que considera a amplitude dos valores dos elementos da amostragem como forma de medida da variação, em substituição ao desvio padrão, a forma de cálculo é apresentada nas fórmulas 5, 6 e 7.

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A \times \bar{R} \quad (5)$$

$$LM = \bar{\bar{x}} \quad (6)$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - A \times \bar{R} \quad (7)$$

Onde:

$\bar{\bar{x}}$ = média das médias das amostras

A = coeficiente tabelado em função do número de elementos de cada amostra

\bar{R} = média das amplitudes das amostras

B) Gráfico das Amplitudes: R

O Gráfico R é o segundo modelo para analisar a dispersão do processo. É um modelo mais simples, mais utilizado e próprio para amostras menores. Aqui a mesma notação utilizada para os gráficos anterior é empregada. (PALADINI, 2002)

Segundo Martins (2012) após definir o característico que será avaliado, deve-se:

- Definir n e k: determina-se a frequência de coleta das amostras. Geralmente o gráfico é construído a partir de 20 a 25 amostras de 5 itens cada.
- Registrar os resultados na planilha de dados.
- Calcular a amplitude (R) para cada amostra: $R_i = X_{\max} - X_{\min}$
- Calcular a media das amplitudes (\bar{R}). A linha media do gráfico será de acordo com a fórmula 8:

$$LM = \bar{R} \quad (8)$$

Quando o desvio padrão é conhecido no processo utilizamos as fórmulas 9 e 10 para calcular os limites de controle:

$$LSC = \bar{R} + 3 \times \sigma_{\bar{x}} \quad (9)$$

$$LIC = \bar{R} - 3 \times \sigma_{\bar{x}} \quad (10)$$

Onde:

\bar{R} = Média das amplitudes das amostras

$\sigma_{\bar{x}}$ = Desvio padrão das médias das amostras

E quando o desvio padrão é desconhecido utilizamos as fórmulas 11 e 12:

$$LSC = d_4 \times \bar{R} \quad (11)$$

$$LIC = d_3 \times \bar{R} \quad (12)$$

Onde:

\bar{R} = Média das amplitudes das amostras;

d_4, d_3 = Coeficientes tabelados em função do número de elementos da amostra.

- E, posteriormente, plotar o numero de defeitos de cada unidade (item) no gráfico.

2.5.2. Gráfico para controle de atributos

Entendemos por atributos características do produto ou do serviço que para serem conhecidas não necessitam de um instrumento de medida. Assim, O gráfico utilizado para controlar a proporção de peças não conformes em relação ao total de peças produzidas é denominado de gráfico P. E o gráfico utilizado para controlar o número de defeitos encontrados em uma única peça é denominado de gráfico C. (MARTINS; LAUGENI, 2006)

Gráfico P – porcentagem de produtos defeituosos

Segundo Peinado & Graeml (2007) o gráfico P pode ser utilizado, por exemplo, em uma indústria de confecções que deseja controlar o número de peças de roupas produzidas que apresentaram determinado defeito que provocou a necessidade de retrabalho na roupa, ou a venda do produto como segunda linha ou até o descarte da peça. Para determinar a porcentagem de produtos defeituosos deve-se selecionar uma amostra aleatória, verificar os elementos que apresentam ou não defeitos e calcular o valor de P através da fórmula 13.

$$P = \frac{\text{Número de peças defeituosas}}{\text{Número total de peças na amostra}} \quad (13)$$

Os limites do gráfico P de controle são calculados por meio da fórmula 14, 15 e 16:

$$LSC = P + 3 \times \sigma_p \quad (14)$$

$$LM = P \quad (15)$$

$$LIC = P - 3 \times \sigma_p \quad (16)$$

Sendo:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{P \times (1 - P)}{N}} \quad (17)$$

Onde:

P = Porcentagem média de produtos defeituosos

σ_p = Desvio padrão

N = número de elementos da amostra

No Controle Estatístico de Processo, em geral estabelece-se uma variação de três desvios padrões acima e três desvios padrões abaixo da média, o que corresponde a um nível de confiabilidade de 99,74%. (PEINADO; GRAEML, 2007)

Gráfico C – número de defeitos por peça

Para Martins & Laugení (2006) muitas vezes, interessa saber o número de defeitos na amostra independentemente do tipo de defeito que a peça apresentou. Os limites do gráfico de controle são calculados de acordo com as fórmulas 17, 18, 19, 20 e 21.

Segundo Martins (2012) o objetivo é observar o número de não-conformidades por unidade inspecionada.

Após definir o característico que será avaliado, deve-se:

- Definir a frequência de coleta das amostras. Geralmente o gráfico é construído a partir de amostras de tamanho constante.
- Calcular o número médio de defeitos a partir da fórmula 18.

$$LM = \bar{C} = \frac{\sum \text{defeito de cada elemento da amostra}}{\text{número de elementos da amostra}} \quad (18)$$

- Calcular os limites de controle de acordo com as fórmulas 19, 20, 21 e 22:

$$LSC = \bar{C} + Z \times \sigma_C \quad (19)$$

$$LM = \bar{C} \quad (20)$$

$$LIC = \bar{C} - Z \times \sigma_C \quad (21)$$

Sendo:

$$\sigma = \sqrt{\bar{C}} \quad (22)$$

Onde:

\bar{C} = Número médio de defeitos por unidade

Z = Variável normal reduzida (obtida de tabela da distribuição normal)

σ = Desvio padrão.

- E por fim plotar o numero de defeitos de cada unidade (item) no gráfico.

Mediante o estudo dos gráficos por variáveis e atributos tem-se no capítulo 3 exemplos da aplicação destes como modelo de inspeção para a avaliação da qualidade em empresas.

3. Aplicações

Como forma de evidenciar os modelos de inspeção para avaliação da qualidade, o artigo apresenta duas aplicações extraídas do livro *Administração da Produção e Operações* de Norman Gaither e Greg Frazier.

Gráfico para controle de variáveis

Como parte do programa de autocontrole de uma empresa, pretende-se criar gráficos \bar{x} e R na operação de encher caixas de 16 onças do produto flocos de milho. Os engenheiros dessa empresa estudaram essa operação e determinaram que, quando a operação ocorre bem, as caixas apresentam uma média de 16,1 onças, e amostras horárias de 20 caixas cada e apresentam amplitude com média de 2,22 onças. Eis os dados das 12 amostras horárias, vide Tabela 1. (GAITHER; FRAZIER, 1998)

Amostra (Nº)	Média da Amostra (onças)	Amplitude da Amostra (onças)	Amostra (Nº)	Média da Amostra (onças)	Amplitude da Amostra (onças)
1	16,2	2,0	7	16,0	2,9
2	15,9	2,1	8	16,1	1,8
3	16,3	1,8	9	16,3	1,5
4	16,4	3,0	10	16,3	1,0
5	15,8	3,5	11	16,4	1,0

6	15,9	3,1	12	16,5	0,9
---	------	-----	----	------	-----

Fonte: Gaither; Frazier (1998)

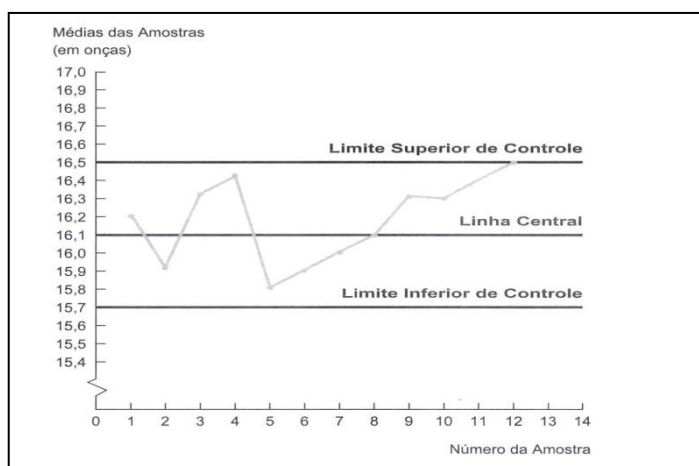
Tabela 1 – Médias e Amostras da operação

SOLUÇÃO:

1. Calculam-se os limites superior e inferior de controle dos gráficos \bar{x} e R:

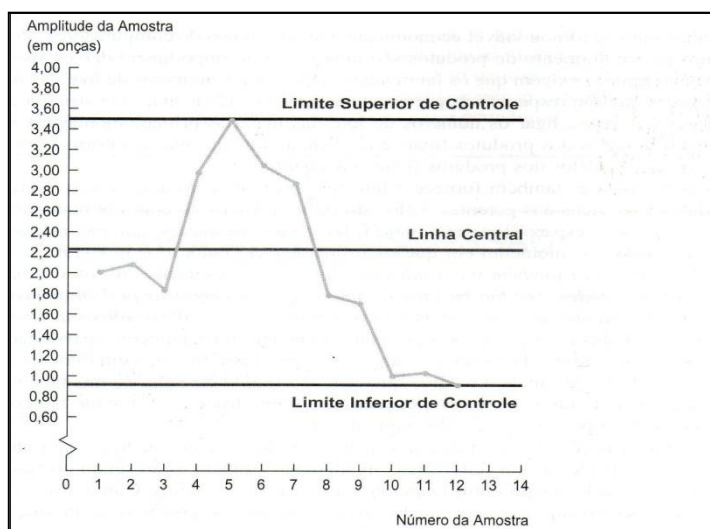
Em primeiro lugar devem-se observar os limites de controle de um gráfico \bar{x} (\bar{x} é a linha central e é igual a 16,1 onças; A é tabelado, e para $n = 20$, $A = 0,180$).

As Figuras 3 e 4 representam os gráficos para controle das médias e das amplitudes respectivamente.



Fonte: Gaither; Frazier (1998)

Figura 3 – Gráfico de Controle das Médias



Fonte: Gaither; Frazier (1998)

Figura 4 – Gráfico de Controle das Amplitudes

Para os cálculos dos Limites superior e inferior de controle para média, foram utilizadas fórmulas 5 e 7, respectivamente.

$$\text{Limite superior de controle} = \bar{\bar{x}} + A\bar{R} = 16,1 + 0,180(2,22) = 16,1 + 0,400 = 16,500\text{libras}$$

$$\text{Limite inferior de controle} = \bar{\bar{x}} - A\bar{R} = 16,1 - 0,180(2,22) = 16,1 - 0,400 = 15,700\text{libras}$$

Para amplitude, quando $n = 20$, D_3 e D_4 são tabelados e valem respectivamente 0,414 e 1,586. E para os cálculos dos Limites superior e inferior de controle para amplitude, foram utilizadas fórmulas 11 e 12, respectivamente.

$$\text{Limite superior de controle} = D_4 \bar{R} = 1,586(2,22) = 3,521\text{libras}$$

$$\text{Limite inferior de controle} = D_3 \bar{R} = 0,414(2,22) = 0,919\text{libras}$$

2. Plota-se as mesmas médias e amplitudes nos gráficos de controle $\bar{\bar{x}}$ e \bar{R} .

Embora nenhuma das médias das amostras tenha excedido os limites de controle, a tendência das ultimas oito horas indica uma situação definitivamente fora do controle. A menos que essa tendência seja revertida por uma medida corretiva, teremos uma quantidade excessiva de caixas demasiadamente cheias. O gráfico \bar{R} indica que as amplitudes das amostras não estão excedendo os limites de controle. Porém, curiosamente, as amplitudes das amostras das últimas oito horas diminuíram. Essa tendência poderia ser associada a uma situação fora de controle das médias das amostras e deve ser investigada.

Gráfico para controle de atributos

Uma máquina que produz condensadores é operada por um funcionário em uma empresa que está implantando um programa de autocontrole e quer começar a acompanhar a porcentagem de peças defeituosas em sua operação. Sabe-se que com esse tipo de processo, esperam-se cerca de 4% de peças defeituosas mais ou menos alguma variação ocasional. A empresa inicialmente que fazer um gráfico p com limites de controle de três desvios padrões e foram preparadas 10 amostras diárias com 100 condensadores cada, vide Tabela 2. (GAITHER; FRAZIER, 1998)

Nº da Amostra	Porcentagem de peças defeituosas	Nº da Amostra	Porcentagem de peças defeituosas	Nº da Amostra	Porcentagem de peças defeituosas
1	4	5	1	8	12
2	3	6	9	9	4
3	3	7	5	10	3
4	6				

Fonte: Gaither; Frazier (1998)

Tabela 2 – Número de amostras e porcentagem de peças defeituosas

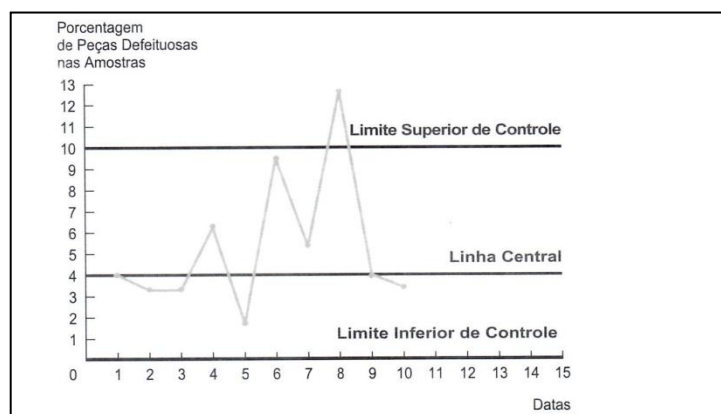
SOLUÇÃO:

1. Calcula-se os limites 3σ de controle de p . E a partir das fórmulas 14 e 16, calculam-se os limites superior e inferior de controle.

$$\begin{aligned}\text{Limite superior de controle} &= \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(100 - \bar{p})/n} = 4 + 3\sqrt{4(96)/100} = 4 + 3(1,9596) \\ &= 4 + 5,8788 = 9,88\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Limite inferior de controle} &= \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(100 - \bar{p})/n} = 4 - 3\sqrt{4(96)/100} = 4 - 3(1,9596) \\ &= 4 - 5,8788 = -1,88\%, \text{ ou } 0\%\end{aligned}$$

2. Cria-se um gráfico p e plotam-se os dados obtidos, vide figura 5.



Fonte: Gaither; Frazier (1998)

Figura 5 – Gráfico p

3. Embora a maioria das amostras esteja dentro dos limites de controle, pretende-se investigar as condições que cercam as amostras 6 e 8.

4. Conclusão

Concluído o estudo do controle de qualidade pelo estudo da amostragem e método do gráfico de controle, observou-se a essencialidade do mesmo ao indicar o quanto mudanças ocorridas no processo de produção e a procura pela confiabilidade alteram a qualidade do produto. Entretanto o método da amostragem verifica matérias-primas, componentes e produtos, depois que estes já estão finalizados pelo processo. Tornando inviável a tomada de alguma decisão quando um lote é recusado, esta situação vai contra um dos principais princípios da qualidade total: fazer certo na primeira vez, e também por aceitar que uma determinada quantidade de produtos defeituosos seja considerada normal para uma dada amostra.

Nesse trabalho observou-se a importância da utilização do gráfico de controle através de aplicações que possam vir a acontecer nas empresas e que contribuam detectar e agir contra futuras falhas no processo, auxiliando assim no tempo de solução para o problema.

Isso significa que se o setor de produção fizer certo da primeira vez e produzir produtos e serviços sem defeitos, elimina-se o desperdício e reduzem-se os custos. Nessa nova maneira de pensar, quando os gerentes de operação trabalham para eliminar os defeitos, a qualidade dos produtos e serviços melhora e a produtividade também.

Referências

CRAIG, D. J. *Stop depending on inspection. Quality Progress*, Julho 2004.

FUNDAMENTOS da Qualidade, 2009. Disponível em:
<<http://antigo.qi.com.br/professor/downloads/download8083.ppt/>>. Acesso em: 25 abr. 2012.

GAITHER, Norman & FRAZIER, Greg. *Administração da Produção e Operações*. 8 ed. São Paulo: Thomson 2002.

INSPEÇÃO da Qualidade, 2010. Disponível em:
<http://jararaca.ufsm.br/websites/gprocessos/.../Insp_da_QUALID_1.pdf/>. Acesso em: 25 abr. 2012.

JURAN, J. M. *Controle da Qualidade: Conceitos, Políticas e Filosofia da Qualidade*. 4 ed. São Paulo: Makron, 1991.

MARTINS, Harley dos Santos. *Material base para a disciplina: Controle da Qualidade*. Belém, 2012.

MARTINS, Petrônio G. & LAUGENI, Fernando P. *Administração da Produção*. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

PALADINI, Edson Pacheco. *Avaliação Estratégica da Qualidade*. São Paulo: Atlas, 2002

PEINADO, Jurandir & GRAEML, A. Reis. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.

REBELATO, Marcelo Giroto; SOUZA, Gerson Aldo de; RODRIGUES, Andréia Marize & RODRIGUES Isabel Cristina. *Estudo sobre a aplicação de gráficos de controle em processos de saturação de papel*. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2006.

SHEWHART, W. A. *Economic control of quality of manufactured products*. São Paulo: ASQPR, 1986.

SILVA, Ana Carolina Alcântara da; LEITE, Mayana Puget. *Análise do Sistema de Gestão da Qualidade do Centro de Tecnologia da Eletronorte sob a ótica da Premiação PQGF (Prêmio Nacional da Gestão Pública)*, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2009.

SIQUEIRA, L. G. P. et al. *Controle Estatístico do Processo*. São Paulo: Pioneira, 1997.