

PALESTRA 03: AUDITORIA DA QUALIDADE/CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE

Emilson França de Queiroz

- EMBRAPA/DPD -

Flávio Popinigis

- EMBRAPA/DPD -

Odon Pessoa Santana

- EMBRAPA/DPD -

Adhemar Brandini

- EMBRAPA/DPD -

1. INTRODUÇÃO

A implantação da Gestão Pela Qualidade Total (GQT) numa instituição exige a execução de dois ramos de atividades e esforços. De um lado, ocorre a aplicação dos conhecimentos das Ciências Humanas, com o objetivo de conhecer as expectativas dos clientes e de conquistar a adesão dos funcionários da empresa aos princípios, métodos e procedimentos da GQT ou TQC (Total Quality Control), o que constitui o lado humano do programa de qualidade. De outro lado, é necessário que as expectativas e necessidades dos clientes sejam traduzidas em especificações técnicas que controlem a execução do serviço ou a fabricação do produto, e que constitui o ramo tecnológico da GQT. A administração dos processos que operam dentro do grande processo que é a própria empresa, somente pode ser realizada objetivamente através um rigoroso controle dos mesmos. Este controle, na rotina diária de uma empresa, para ser objetivo, deve ser baseado em dados numéricos que são continuamente analisados através da utilização e aplicação dos conhecimentos da Estatística, constituindo o Controle Estatístico de Processo. Assim, o principal objetivo deste trabalho é apresentar o Controle Estatístico de Processo como ferramenta indispensável para a conquista do estágio mais elevado de garantia da qualidade de produtos e serviços.

2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Inicialmente serão apresentados alguns conceitos e definições de qualidade vigentes na literatura e nos ambientes nos quais o tratamento conceitual do assunto é relevante e cuja abordagem, neste trabalho, é considerada indispensável .

2.1 - Qualidade

A Norma ISO 8402, que é um vocabulário oficial de termos relacionados com a qualidade, define a qualidade como a totalidade das propriedades e características de um produto ou serviço que lhe confere a aptidão para satisfazer às necessidades implícitas ou explícitas dos clientes. A Norma Brasileira NB - 8541, define a qualidade como o grau de adequação de um item ou serviço à finalidade a que se destina. A ASQC (American Society For Quality Control) define a qualidade como a totalidade dos requisitos e características de um produto que estabelecem a sua capacidade de satisfazer a determinadas necessidades .

Para JURAN (1992) "qualidade é a adequabilidade para o uso". FEIGENBAUM (1983) define a qualidade mais detalhadamente, como um conjunto de propriedades resultantes de condições de projeto, fabricação e uso, condições essas determinantes do grau de satisfação que o material proporciona ao seu usuário durante o período de emprego.

A Primeira Ministra Britânica, Margaret Thatcher, em sua campanha em prol das teses neo-liberais, apresenta uma definição bastante comercial quando define qualidade como "Qualidade são clientes que voltam e produtos que não voltam". Uma definição de CROSBY (1984), porém com as características da Engenharia, entende que "Qualidade é o atendimento às especificações".

Apesar da diversidade das definições acima apresentadas, existem dois traços que estão explícita ou implicitamente presentes na maioria delas e que são o atendimento às especificações as quais, por sua vez, são oriundas da vontade do cliente e definem o processo de fabricação ou de realização do serviço.

Para que se tenha um controle efetivo sobre o atendimento às especificações e sobre os custos, é praticado, durante o processo, o controle estatístico de processo. JURAN (1992) define o controle estatístico de processo como a adoção de técnicas estatísticas para medir e avaliar a variação dos processos. Finalmente o controle estatístico da qualidade é definido por JURAN (1992) como a aplicação de técnicas estatísticas para medir e aprimorar a qualidade dos processos incluindo instrumentos de diagnóstico, planos de amostragem e outras técnicas estatísticas.

Os conceitos acima apresentados indicam que a Estatística ocupa uma posição central em qualquer esforço de melhoria e controle de qualidade de produtos e serviços pois a mesma atua diretamente no controle dos processos, que são a essência da vida da empresa.

2.2 - Dimensões da Qualidade

CAMPOS (1992), em seu estudo sobre o controle da qualidade total, apresenta a Qualidade Total como todas aquelas dimensões que afetam a satisfação das necessidades das pessoas e, por conseguinte, a sobrevivência das empresas. Estas dimensões têm os significados abaixo apresentados.

2.2.1 - QUALIDADE INTRÍNSECA - Esta dimensão está diretamente ligada à satisfação dos clientes, sejam eles internos ou externos. A medida desta dimensão da qualidade é feita através das características dos produtos ou serviços finais ou intermediários da empresa

A qualidade do produto ou serviço apresenta, por sua vez, as seguintes dimensões :

- a) Qualidade do produto, ou seja, a ausência de defeitos e a presença das características que irão agradar ao consumidor satisfazendo às suas necessidades e expectativas;
- b) Qualidade da rotina da empresa, que inclui o controle, previsibilidade e confiabilidade em todas as operações e processos;

- c) Podem ainda ser citadas várias outras dimensões como, por exemplo, a qualidade do recrutamento e do treinamento de pessoal, qualidade das informações internas e externas da empresa, da administração, do planejamento e do próprio sistema da qualidade da empresa.

2.2.2 - CUSTO - O custo deve ser visto não só como o custo final do produto ou serviço, mas também os custos intermediários. O preço deve refletir a qualidade e representa o que pode ser razoavelmente cobrado pelo valor agregado ao produto ou serviço.

2.2.3 - ATENDIMENTO - No atendimento estão, muito caracteristicamente, incluídas não só as exigências de caráter técnico e lógico do cliente, mas, principalmente, as exigências de caráter psicológico. Uma empresa que venda excelentes produtos mas que tenha funcionários ou uma administração que produzam um mau atendimento, certamente terá muito menor competitividade em relação a uma outra que, além de oferecer produtos de excelente qualidade, oferece também um excelente atendimento.

Sob a dimensão do atendimento estão incluídos não só o instante das negociações para a venda, mas também todos os outros contatos até a entrega do produto na data, local e quantidade combinada com o cliente e sem defeitos ou danos provocados pelo transporte.

Para a medida da qualidade do atendimento são levantados, por exemplo, índices de atraso na entrega, erros de local e quantidade, devolução de produtos por terem sido danificados no transporte. O atendimento e a utilidade destes índices somente se torna efetiva com o uso do controle estatístico de processo.

2.2.4 - MORAL - Esta dimensão tem o objetivo de avaliar o nível médio de satisfação das pessoas que trabalham na empresa, ou seja, dos funcionários. Obviamente que esta é a dimensão mais difícil de ser traduzida em números, por envolver aspectos puramente psicológicos. Entretanto, mesmo neste caso, a satisfação dos funcionários pode ser traduzida em números. Medindo, por exemplo, os índices de pontualidade, assiduidade, reclamações trabalhistas e produtividade dos funcionários, obtêm-se indicadores bastante seguros do nível de satisfação dos funcionários da empresa.

2.2.5 - SEGURANÇA - Nesta dimensão estão englobadas a segurança dos empregados, durante a execução de todos os processos da empresa e também a segurança dos produtos e serviços da empresa para os usuários.

Para que todas estas dimensões e processos sejam controlados, é imprescindível o uso dos conhecimentos, recursos, procedimentos e métodos da Estatística no controle da qualidade.

Diante de qualquer resultado que esteja fora do valor desejado, executa-se a identificação das causas de desvio e orienta-se a atenção para que as mesmas sejam eliminadas.

2.3 - Gestão pela qualidade total

A Gestão pela Qualidade Total é uma forma de gestão de uma organização, centrada na qualidade, baseada na participação de todos os seus membros, visando o sucesso a longo prazo, através da satisfação dos clientes e beneficiários (ISO - 8402).

2.4 - Processo

O processo é entendido como qualquer combinação específica de máquinas, materiais, ferramentas, tecnologias e pessoas empregadas para gerar um produto ou serviço.

2.5 - Controle de Processo

O controle de processo ocupa uma posição central no controle da qualidade e é constituído pelas três ações fundamentais a seguir apresentadas.

2.5.1 - Estabelecimento de padrões

A primeira ação é o estabelecimento da diretriz de controle, intimamente ligada ao planejamento da qualidade. A diretriz é estabelecida sobre os fins e meios de um processo e consta de :

- a) Meta - é o nível de controle, ou seja, a faixa de valores na qual se deseja que o item de controle se situe;
- b) Métodos - são os procedimentos (meios) necessários para se atingir a meta.

Esta fase é chamada estabelecimento de padrões.

2.5.2 - Manutenção de padrões

Estabelecido o nível de controle e iniciada a produção, é necessário mantê-lo, pois se todos os padrões estabelecidos na etapa anterior forem mantidos, se atingirá o nível de qualidade padrão em todas as suas dimensões : qualidade intrínseca, custo, atendimento, moral e segurança. Portanto, sempre que ocorrerem desvios do padrão estabelecido adota-se o seguinte procedimento:

- a) atuar no resultado para recolocar o processo, imediatamente, em seu nível normal de operação, ou seja, dentro do nível de controle estabelecido;
- b) atuar na causa do desvio ou problema para evitar e prevenir o seu reaparecimento. Esta fase é chamada de manutenção de padrões.

2.5.3 - Melhoria de padrões

Em terceiro lugar é executada a atualização da diretriz de controle, que corresponde a uma melhoria, com o objetivo de se aproximar cada vez mais das exigências dos clientes, das mudanças nas expectativas dos mesmos ou do aparecimento de novos materiais ou tecnologias

2.6 - Controle da Qualidade

O controle da qualidade tem o objetivo de eliminar as causas fundamentais dos problemas que ocorrem ao longo dos processos. Ele se inicia por uma análise de processo que, por sua vez, tem o objetivo de identificar as causas fundamentais dos

problemas. Identificada a causa fundamental do problema, determina-se um novo procedimento que garanta que a sua causa seja eliminada. Quando este procedimento é estendido a todos os casos similares, está sendo conduzida uma padronização. A padronização elimina ou aprisiona a causa fundamental do problema e impede a sua ulterior manifestação.

O controle da qualidade centrado no controle de processos, consta, naturalmente, das mesmas três fases acima citadas :

- a) Estabelecimento de padrões : é o planejamento da qualidade para o atendimento às especificações, as quais, por sua vez, traduzem as expectativas do cliente ;
- b) Manutenção de padrões : é a atividade que visa impedir que os padrões de qualidade dos processos se deteriore e que resulta na eliminação dos desvios ocasionais ou crônicos e as causas fundamentais dos problemas;
- c) Melhoria de padrões : esta fase é a aplicação do princípio da melhoria contínua e consta da permanente melhoria dos padrões, no sentido de atender às novas exigências dos clientes e incorporar novas conquistas tecnológicas que melhorem os processos e que sejam úteis e facilitem o atendimento às exigências dos clientes, mantendo a competitividade e a sobrevivência da empresa.

Na Figura (01) , adaptada de CAMPOS (1992), estão apresentadas autoexplicativamente, os objetivos do controle de qualidade, na rotina de uma empresa. Vale ressaltar, entretanto, o papel indispensável da Estatística no mesmo. Com efeito, nas duas partes da figura é claro o objetivo de monitoramento e redução da variabilidade do processo. Ou seja, a confiabilidade do processo e, conseqüentemente, a qualidade do produto, é inversamente proporcional à variabilidade apresentada pelos itens de controle do processo.

2.7 - Controle da Qualidade Total

O controle da qualidade total é um modelo gerencial centrado no controle de processo e que tem como meta a satisfação das necessidades dos clientes internos e externos de cada processo em execução na empresa, ou seja, é o exercício do controle sobre todas as dimensões da qualidade.

2.8 - Garantia da Qualidade

Garantia da Qualidade é uma função da empresa que tem o objetivo de confirmar se todas as atividades da qualidade estão sendo conduzidas de forma a se obter o completo atendimento das expectativas dos clientes de forma superior ao que está sendo feito pelo concorrente (CAMPOS, 1992).

A garantia da qualidade é um estágio avançado de uma empresa que praticou o controle da qualidade em cada projeto e em cada processo e, além disso, conseguiu manter um sistema confiável de produção ou prestação de serviço, de forma a satisfazer totalmente às necessidades e expectativas de seus clientes (CAMPOS, 1992).

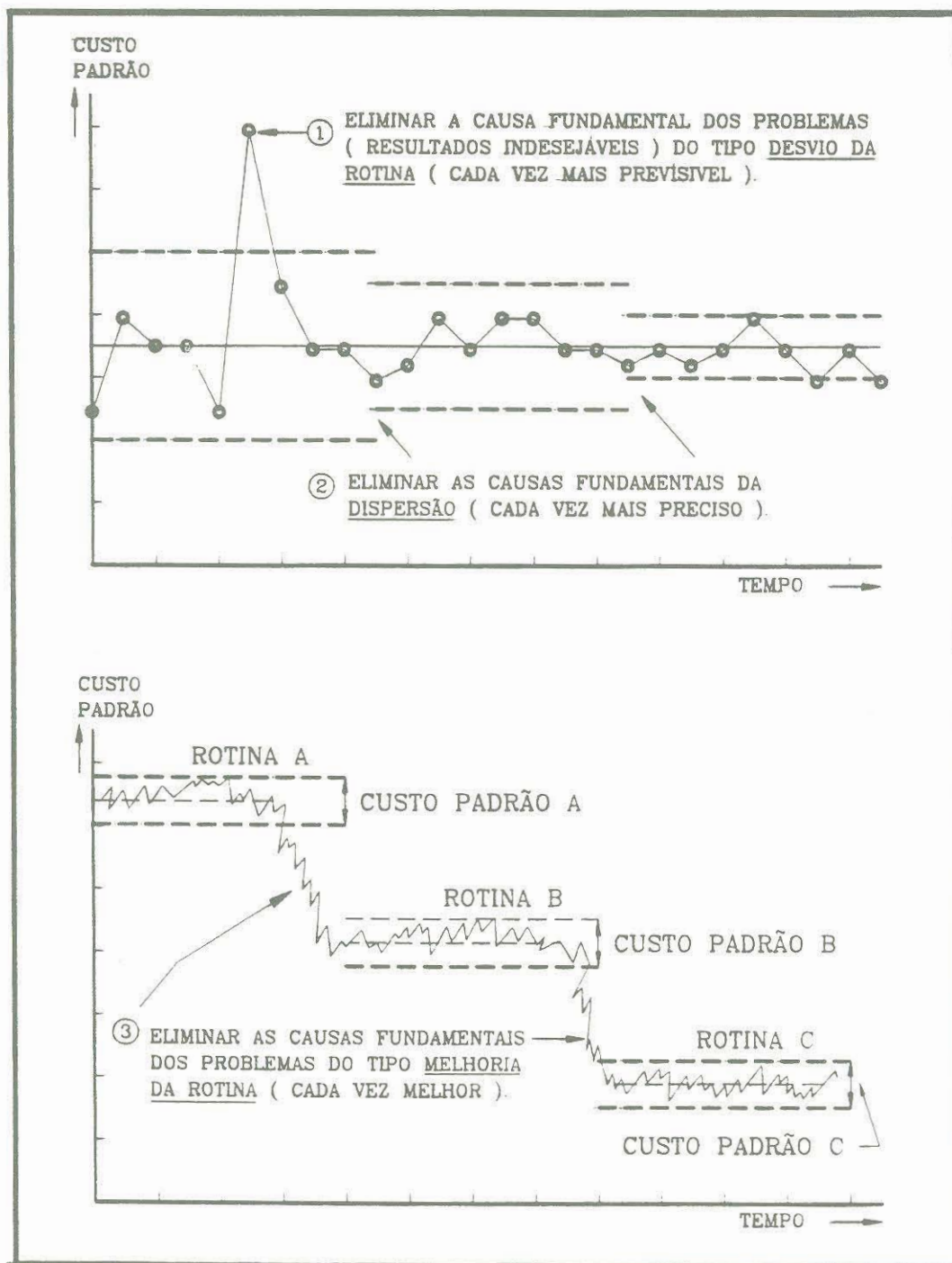


Figura (01) - Objetivos do Controle da Qualidade na rotina. (Adaptado de CAMPOS, 1992).

3. EVOLUÇÃO DA GARANTIA DA QUALIDADE

A garantia da qualidade passou por diversas etapas no decorrer do tempo:

- a) garantia da qualidade orientada pela inspeção ;
- b) garantia da qualidade orientada pelo controle de processos;
- c) garantia da qualidade com ênfase no desenvolvimento de novos produtos.

3.1 - Inspeção

Neste modelo a inspeção é realizada sobre o produto acabado, por um departamento de inspeção que possui grande autoridade conferida e que é independente da produção. Este modelo apresenta como inconveniente a dificuldade de ser aplicado, por amostragem estatística, quando as empresas buscam índices de defeito ao nível de ppm, por exemplo. Nos casos de montagens complexas, nas quais a qualidade somente será conhecida com o uso, a qualidade não pode ser garantida somente pela inspeção.

Uma outra dificuldade da garantia da qualidade baseada na inspeção é que, sendo o departamento de inspeção separado da produção, há um grande atraso no fornecimento e na análise de informações sobre a qualidade. Desse modo, quando a inspeção acontece, o processo de fabricação já atingiu o seu estágio final, resultando em retrabalho ou perda parcial ou total de componentes ou de equipamento.

3.2 - Controle de processo

Assim, o controle da qualidade se deslocou para o processo viabilizando :

- a) a introdução de correções antes que se atinja o estágio final de fabricação do produto ou de prestação do serviço;
- b) o controle deixa de ser feito por um departamento separado da produção e passa a envolver cada um dos executores do processo, sendo cada um dos mesmos responsável pela qualidade. Neste caso há grande redução de custos os quais aumentam rapidamente quanto mais tarde, no processo, é detectado o desvio e adotada a ação corretiva.

Para que, de fato, se possa gerenciar cada processo, é necessário medir seus efeitos. Os itens de controle de um processo são índices mensuráveis, estabelecidos sobre os efeitos de cada processo, para medir a sua qualidade. Portanto, cada processo é gerenciado através de seus itens de controle, que medem as dimensões da qualidade anteriormente apresentadas e que aqui repetimos : qualidade intrínseca, custo, atendimento, moral e segurança. Por outro lado, os itens de verificação do processo são os índices numéricos estabelecidos sobre as principais causas que afetam determinado item de controle.

Em resumo, os itens de verificação atuam sobre as causas dos problemas e os itens de controle atuam sobre os efeitos. Os itens de controle são instrumentos para vigiar as causas fundamentais dos problemas e confirmar que as mesmas não voltarão a se manifestar.

3.3 - Desenvolvimento de novos produtos

Entretanto, pode haver processos perfeitos fabricando produtos sem defeitos mas cujas especificações não atendam às necessidades dos consumidores. Ou seja, alguns problemas de qualidade podem ter origem no projeto, no desenvolvimento do produto ou na especificação da vontade do cliente. Assim, no estágio atual, a ênfase do controle de qualidade se deslocou para a qualidade de projeto e do desenvolvimento de novos produtos. Em resumo, o controle de qualidade deve ser estendido a todo o ciclo produtivo, desde o estabelecimento da demanda, passando pelo processo de fabricação e atingindo a venda e a assistência técnica no uso do produto.

No conceito da garantia da qualidade com ênfase no desenvolvimento de novos produtos, a qualidade terá que ser conquistada em cada projeto, em cada processo e por cada pessoa envolvida na fabricação do produto ou na prestação do serviço.

Um ponto importante a ser lembrado é que as necessidades dos clientes mudam com o tempo, fazendo com que a identificação da demanda e a elaboração de novos projetos, para a obtenção de novos produtos, seja uma atividade contínua.

Como consequência, a empresa deverá estar continuamente atenta a conhecer a demanda e a tecnologia disponível o que, em outros termos, será a voz do cliente e a voz do processo, respectivamente.

A voz do cliente comunica à organização as exigências, expectativas e necessidades de seus clientes. A voz do processo é um produto final real, resultante das ações do projeto e deve traduzir a voz do cliente em especificações técnicas. Assim, o desenvolvimento de novos produtos deve estar continuamente orientado pela voz do cliente e pela voz do processo (GOEDERT et. alii., 1994).

4. O CICLO DE DEMING

O controle de processo, conforme conceituado em CAMPOS (1992), é exercido através do ciclo do PDCA de controle de processos ou ciclo de Deming.

A Figura (02) mostra o Ciclo do PDCA, que é composto das quatro fases básicas do controle : planejar, executar , verificar e atuar corretivamente. A sigla PDCA é composta das iniciais destas palavras em inglês : Plan (P), Do (D), Check (C) e Action (A).

4.1 - Planejar

O planejamento (P) consiste em :

- a) estabelecer metas sobre os itens de controle;
- b) estabelecer o método , o caminho ou o procedimento para se atingir as metas propostas.

Esta é a fase do estabelecimento da diretriz de controle.

4.2 - Executar

A execução (D) abrange a execução das atividades conforme previsto no plano, incluindo a coleta de dados para verificar e controlar os processos. Nesta etapa é essencial o treinamento para o trabalho que vai ser executado.

4.3 - Controlar

Controlar (C) . O controle é realizado a partir dos dados coletados na execução e permite a comparação do resultado alcançado com a meta planejada.

4.4 - Corrigir

Corrigir (A) é a etapa na qual são tomadas ações para corrigir os desvios do executado em relação ao planejado. Estas ações atingirão plenamente ao seu objetivo quando eliminarem as causas fundamentais dos problemas de modo que os mesmos não voltem a ocorrer.

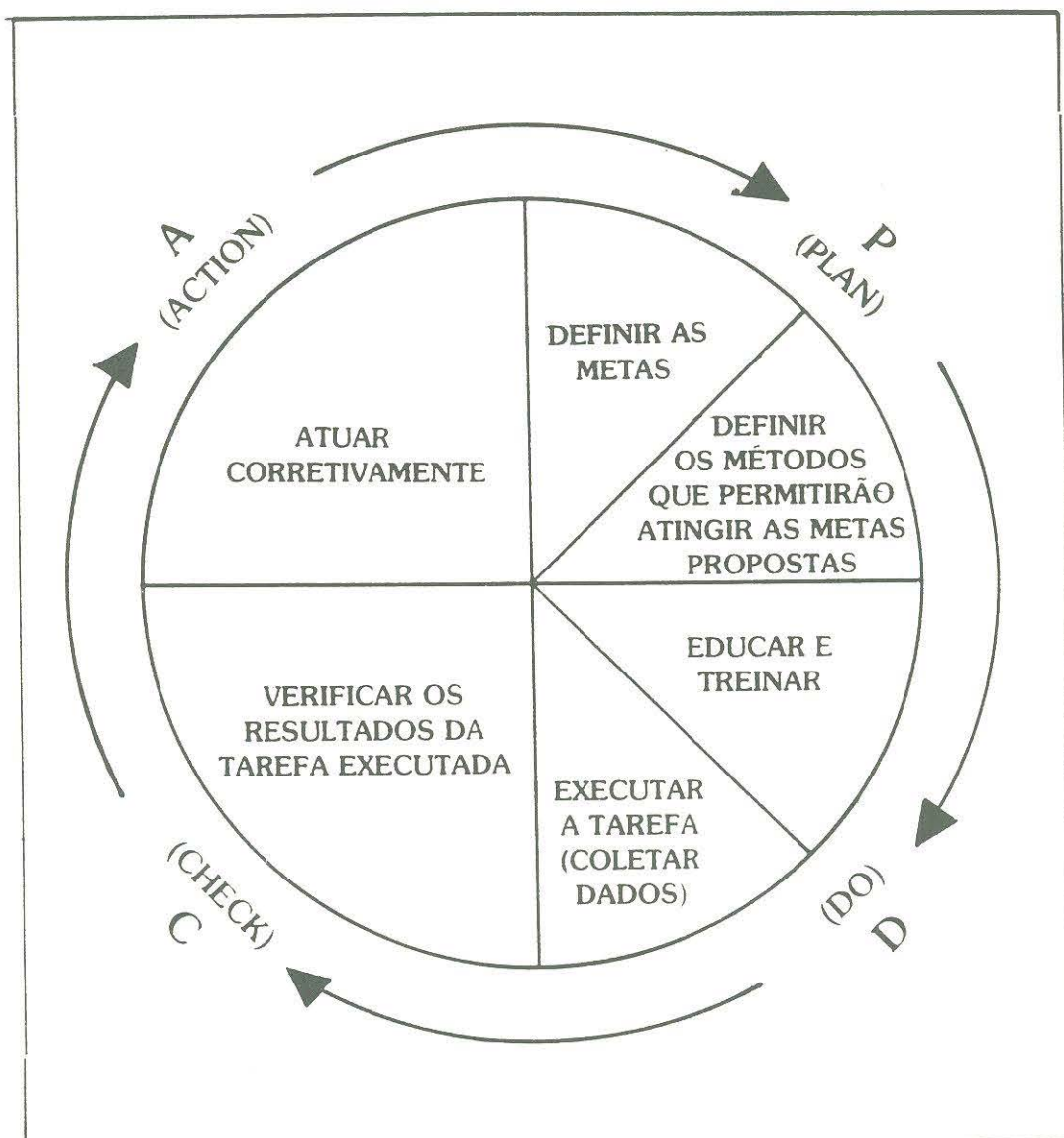


Figura (02) - Ciclo PDCA de controle de processos. (Adaptado de CAMPOS, 1992)

5. CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

JURAN (1992) definiu o controle estatístico de processo como a adoção de técnicas estatísticas para medir e avaliar a variação dos processos.

Os fundamentos do controle estatístico de processo foram lançados nos anos 20. SHEWHART, citado por JURAN (1992), concluiu que a variação existente nos processos é composta por uma componente inerente ao processo e que somente pode ser eliminada com mudanças básicas no processo. A outra componente é oriunda de causas estranhas ao processo, que podem ser identificadas e eliminadas por um programa de diagnóstico.

A variação de qualquer característica da qualidade pode ser quantificada através de amostragem do resultado do processo e através da estimativa dos parâmetros de uma distribuição estatística apropriada. As mudanças na distribuição podem ser monitoradas por gráficos nos quais os parâmetros são variáveis dependentes e o tempo é a variável independente. Operacionalmente são construídos gráficos de controle, através dos quais o operador monitora a qualidade do processo.

Os gráficos de variáveis são, geralmente, baseados em amostras de 4 a 10 indivíduos. Os gráficos de atributos têm amostras variando de 50 até centenas de indivíduos.

Os limites de controle são estabelecidos para a média mais ou menos 3 desvios-padrão. A faixa entre os limites de controle refere-se à variação devida ao processo. Os pontos de fora dos limites de controle indicam a existência de uma ou mais causas determináveis de variação. A Figura (03), mostra um exemplo de gráfico de controle para média e amplitude. A ocorrência de muitos pontos fora dos limites de controle indica a existência de causas extrínsecas ao processo. Por outro lado, um processo com pontos dentro dos limites está sob controle estatístico.

Quando se introduz uma melhoria no processo, através da utilização do Ciclo do PDCA ou de DEMING, são calculados novos limites, mais rigorosos, sempre considerando as repercussões econômicas, reduzindo cada vez mais a variação do processo e, conseqüentemente, aumentando o nível de qualidade dos produtos.

O trabalho de SHEWHART (1931), que é o livro *Economic Control of Quality of Manufactured Products*, condensa os seus trabalhos sobre o controle estatístico da qualidade

Estes métodos passaram a ser usados em grande escala na década de 40 como resultado dos esforços de produção durante o período de guerra, tendo produzido grandes aumentos de qualidade e produtividade onde foram aplicados.

No fim dos anos 50, houve um esforço para simplificar os procedimentos e ampliar a aplicação dos métodos de SHEWHART que resultou no aparecimento do pré-controle. O pré-controle é um algoritmo simples que dá ao operador um controle direto sobre o processo.

A faixa de tolerância é dividida em três zonas, ou seja, uma zona alvo circundada por duas zonas de atenção. Na prática, o operador mede um par de itens periodicamente. Se ambos caem na zona de atenção, ou fora da zona de tolerância, o operador ajusta o processo imediatamente. Caso contrário o processo permanece inalterado.

Este esforço para saber se a distribuição está nos limites de tolerância ou deslocou-se fornece um alerta que permite ao operador proceder ao ajuste do processo antes que ocorra uma discrepância em relação ao que deve ser produzido. Portanto o pré-controle não exige cálculos de médias ou outras estatísticas descritivas da distribuição,

facilitando o trabalho do operador e antecipando as ações corretivas a serem tomadas diante das discrepâncias do processo.

O trabalho de SHEWHART já tornou-se convencional e clássico para muitos profissionais que, atualmente, se dedicam ao controle de qualidade. Entretanto, os conceitos de aperfeiçoar o processo a partir da análise de sua variação e da execução de um programa vigoroso para eliminar esta fonte de variação, continua a ser o ponto central para os métodos de controle estatístico da qualidade.

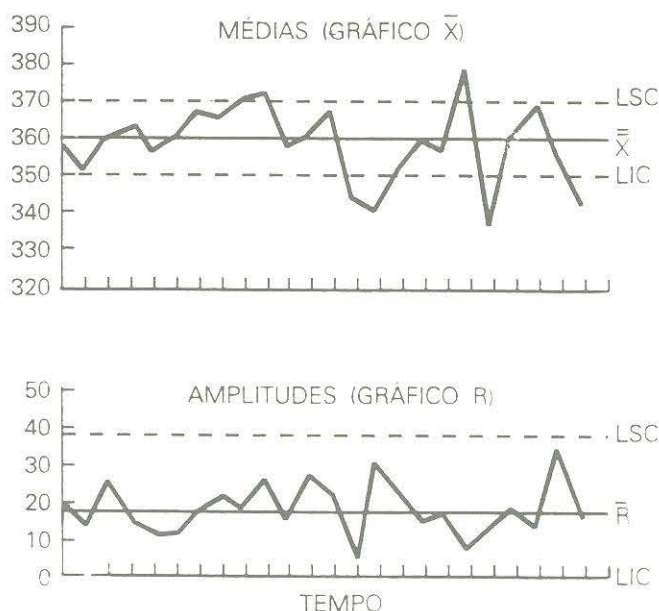


Figura (03) - Gráfico de controle para largura de linha-processo de impressão de proximidade foto-resistente. (Adaptado de JURAN, 1992).

5.1 - Gráficos de controle

Os gráficos de controle são usados, comumente, para :

- a) atingir um estado de controle estatístico do processo que permite saber, por exemplo, se todas as médias e amplitudes dos sub-grupos estão dentro dos limites de controle estabelecidos ;
- b) monitorar o processo;
- c) determinar a aptidão do processo.

5.2 - Tipos de gráficos de controle

Os gráficos de controle podem envolver variáveis com medidas em escala contínua (comprimento, peso, resistência) ou gráficos de atributos que representam características discretas dos objetos sob controle. Na conjuntura atual, em muitas indústrias, o nível de competitividade por qualidade tornou-se tão alto que os gráficos de atributos são muito pouco usados.

5.2.1 - Controle da média e da amplitude

Este gráfico é útil para processos nos quais predomina o uso de máquinas. É calculada a média $\bar{X}$ e a amplitude R de cada amostra e, posteriormente, calculada a média de todas as amostras, a amplitude média. Os limites de controle são calculados para 3 (três) vezes o desvio padrão usando:

Linha central para $\bar{X}$:

$$LC = \bar{X}'$$

Limite superior de controle para $\bar{X}$:

$$LSC = \bar{X}' + A_2 R$$

Limite inferior de controle para $\bar{X}$:

$$LIC = \bar{X}' - A_2 R$$

Linha central para R :

$$LC = R$$

Limite superior para R :

$$LSC = D_4 R$$

Limite inferior para R :

$$LIC = D_3 R$$

Os valores de A e D dependem do tamanho da amostra, n , e são fornecidos em tabela específica para cálculo das linhas do gráfico de controle. Finalmente é construído o gráfico com base nos valores calculados para $\bar{X}'$ e R' e são plotados os valores operacionais observados de $\bar{X}$ e R . A Figura (04) mostra um exemplo de gráfico de controle de médias e amplitudes.

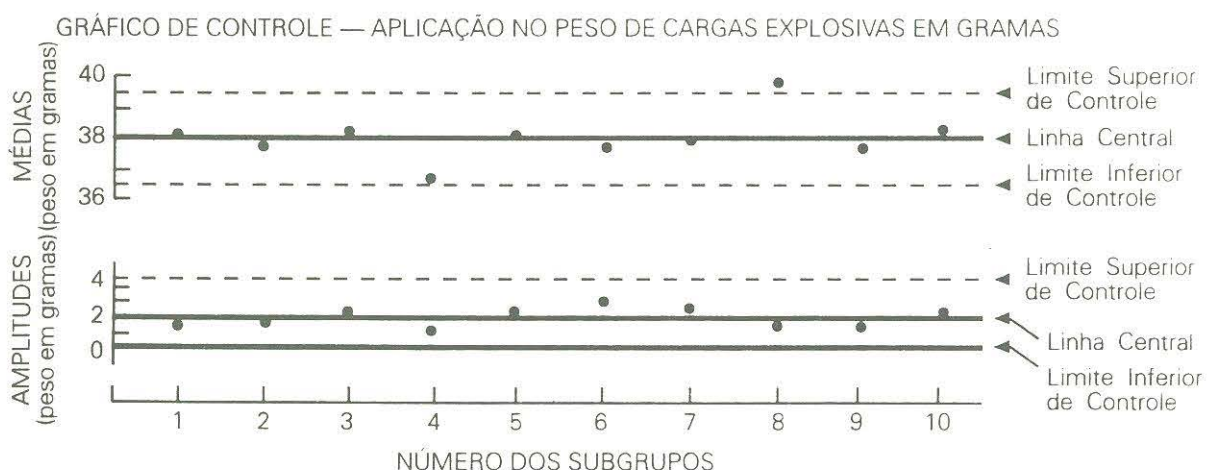


Figura (04) - Exemplo de gráfico de controle de $\bar{X}$ e R (Adaptado de JURAN, 1992).

A ocorrência de valores de X fora dos limites de controle evidencia uma mudança que afetará todas as peças que serão fabricadas depois de que a primeira amostra apresentou um valor fora do limite. Por outro lado, a ocorrência de valores de R fora dos limites de controle indica que a uniformidade do processo mudou. NELSON (1984 e 1985) oferece oito testes para detectar padrões anômalos de gráficos de controle, usando limites de controle iguais a três vezes o desvio padrão (Figura 05)

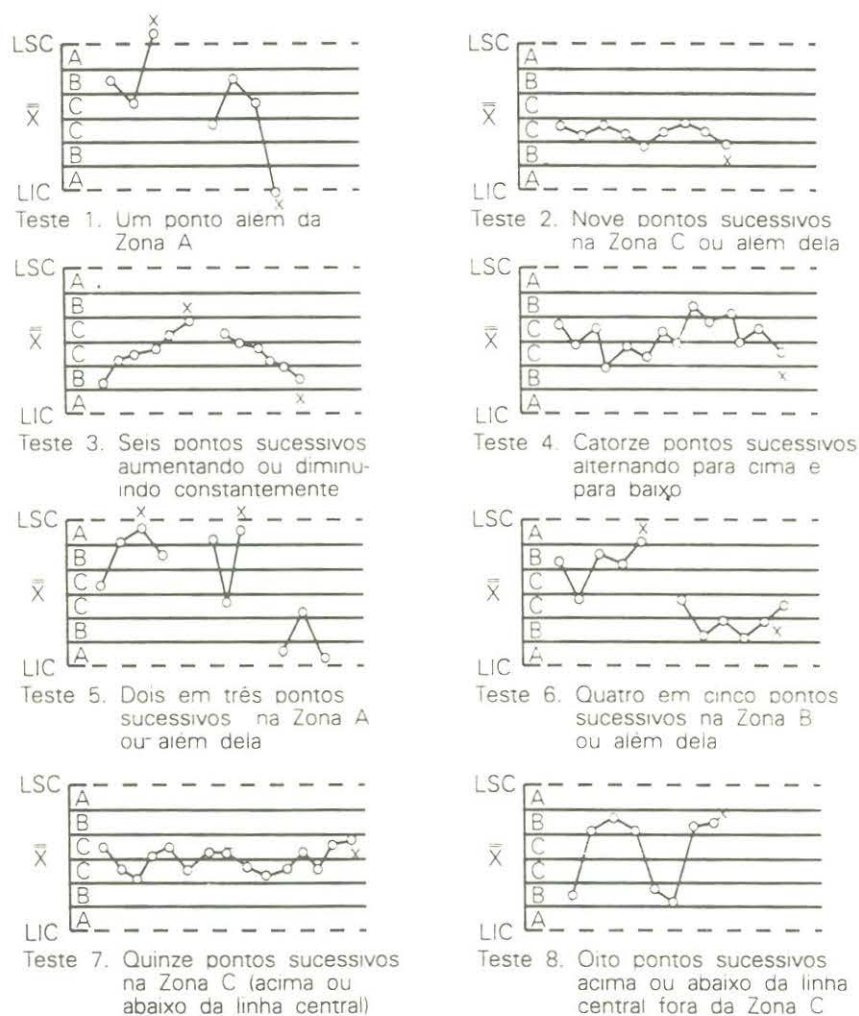


Figura (05) - Ilustrações de teste para causas especiais aplicadas a gráficos de controle X (Adaptado de NELSON, 1984).

5.2.2 - Gráficos de controle da soma acumulada

Um registro da soma acumulada dos desvios das médias das amostras, a partir de um valor de referência, é particularmente útil na detecção de mudanças abruptas na média.

Cada ponto do gráfico contém informações de todas as observações anteriores e incluindo a medida em questão. Os gráficos de controle da soma acumulada, como os outros gráficos de controle discutidos anteriormente, são interpretados pela comparação dos valores registrados com os limites críticos. Um exemplo de gráfico de soma acumulada é apresentado na Figura (06), a qual exibe uma máscara em forma de V que é colocada sobre o gráfico, com a sua origem sobre o último ponto registrado. Os pontos cobertos pela máscara são uma indicação de que o processo sofreu uma mudança. A Figura (06) mostra o gráfico de controle da soma acumulada com a máscara localizada na amostra 17. A máscara foi deslocada da esquerda para a direita com o ponto zero da mesma colocado sobre cada ponto do gráfico. Para os primeiros 16 pontos, a máscara não cobriu quaisquer dos pontos. Isto indica que não houve mudança no nível do processo. No ponto 17, a máscara detectou uma mudança e indicou que ela começou, aproximadamente, no momento que a amostra 10 foi tomada. Na verdade ela começou na amostra 11.

A Figura (06) também, mostra o gráfico da média. O gráfico da média não detectou a mudança no ponto 11, onde o problema realmente começou, mas somente no ponto 17, pela ocorrência de cinco pontos sucessivos fora da zona B (limite) ou além dela.

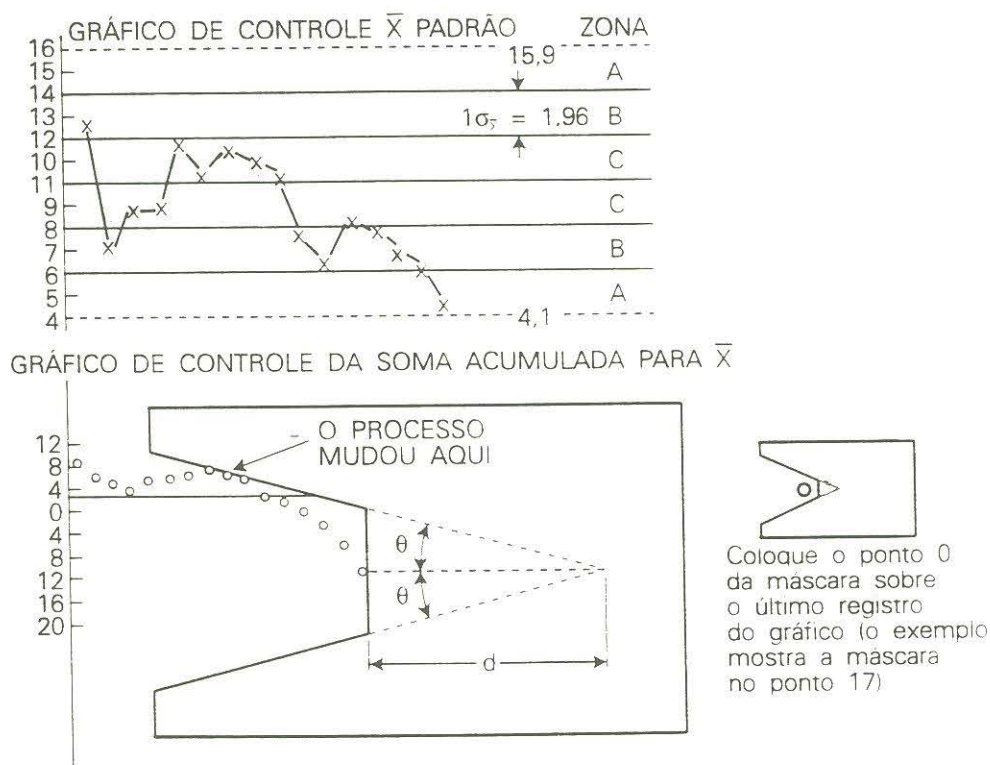


Figura (06) - Comparação dos gráficos de soma acumulada e dos gráficos $\bar{X}$ e R (Adaptado de JURAN, 1992).

5.3 - Confiabilidade

O termo confiabilidade é usado para expressar o grau de confiança no qual um item ou sistema funcionará com sucesso, num determinado ambiente e por um período específico de tempo. É também usado para indicar a probabilidade de operação livre de falha, por um período de tempo maior ou igual a um tempo t especificado.

A confiabilidade pode ser prevista com base na distribuição exponencial :

$$P_s = R = e^{-t/u} = e^{-t/y}$$

onde:

$P_s = R$ = probabilidade de operação livre de falhas por um período de tempo igual ou maior que t ;

e = base do logaritmo neperiano = 2,718

t = período especificado para operação livre de falhas;

u = tempo médio entre falhas

y = taxa de falhas (recíproco de u)

O exemplo a seguir ilustra a aplicação desta equação. A experiência anterior mostra que o tempo médio entre falhas de um determinado radar é de 240 horas. Supondo-se que esta taxa de falhas seja constante, qual a probabilidade de se operar o radar por 24 horas sem a ocorrência de falha ?

$$\begin{aligned} R &= e^{-t/u} \\ R &= e^{-24/240} = e^{-0,1} \\ R &= e^{-0,1} = 0,90 \end{aligned}$$

Portanto, haverá uma chance de 90 % de ocorrer 24 horas ou mais de operação do radar livre de falhas.

5.4 - Previsão da confiabilidade

Quando não se pode aceitar a suposição de que a taxa de falhas é constante, pode-se utilizar a distribuição de WEIBULL para prever a confiabilidade. Num primeiro estágio utiliza-se a distribuição de WEIBULL, gráfica ou analiticamente, para prever a confiabilidade para o período específico e para cada componente. Num segundo estágio pode-se combinar as confiabilidades dos componentes, usando a regra do produto ($P_s = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n$) para se obter a previsão da confiabilidade do sistema (P_s).

LUSSER (1958) propôs o uso de margens de segurança em especificações para produtos críticos como, por exemplo, mísseis teleguiados. LUSSER (1958) sugeriu margens de segurança para resistência e tensão . Especificamente o limite de confiabilidade (tensão máxima) deveria ser definido como seis desvios-padrão de tensão, acima da tensão média. A resistência média seria, pelo menos, cinco desvios-padrão da resistência, acima do limite de confiabilidade. Estes valores mínimos da margem de segurança foram sugeridos para produtos que exigem confiabilidade extremamente alta . Este exemplo está ilustrado na Figura (07).

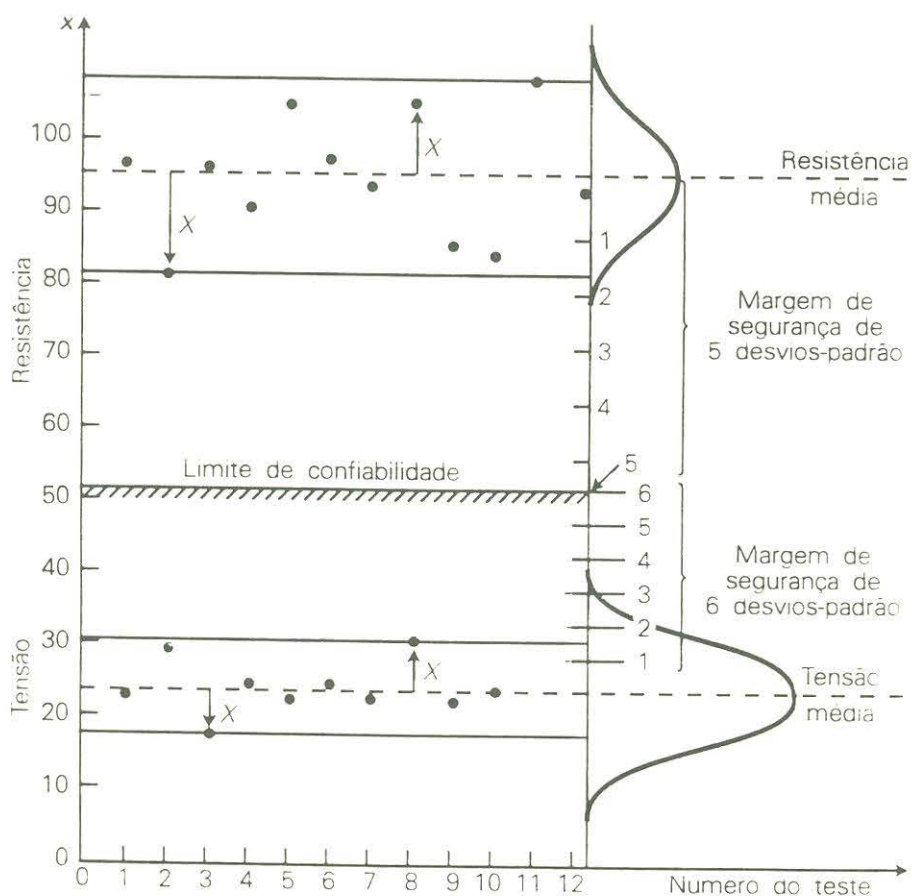


Figura (07) - Ilustrando como faixas dispersas de tensões e resistências devem ser separados por um limite de confiabilidade. (Adaptado de JURAN, 1992).

5.5 - Agrupamento e discriminação

Um problema típico onde a análise multivariada é usada no controle de qualidade, ocorre nas situações nas quais várias espécies de mau funcionamento, dentro de uma unidade de produção, fazem com que o produto fique fora dos limites especificados. O agrupamento pode ajudar a se identificar as causas através dos fatores comuns aos agrupamentos. Ou seja, a análise multivariada permite se formular a seguinte pergunta " O que os casos de cada tipo de mau funcionamento têm em comum ". A resposta a esta pergunta e os passos subsequentes levam à identificação da causa ou causas do problema.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1 - O Controle Estatístico de Processo sendo uma eficiente ferramenta de controle da qualidade sobre os produtos e serviços gerados pela empresa, contribuindo decisivamente para aumentar a sua eficiência e competitividade ;

2 - Para alcançar e manter níveis de excelência, a empresa necessita gerenciar seus processos, estabelecer sistemas de medida que produzam indicadores numéricos da qualidade dos processos e, posteriormente, implementar o controle e a melhoria contínua desses processos com a aplicação do controle estatístico de processo.

3 - Recomenda-se que os conhecimentos do Controle Estatístico de Processo, sejam divulgados e aplicados na EMBRAPA, a nível das Unidades Centrais e Descentralizadas.