

Controle de Qualidade

Lupércio França Bessegato
Dep. Estatística/UFJF

Roteiro

1. Qualidade na Empresa
2. Gestão da Qualidade
3. Ferramentas da Qualidade
4. Cartas de Controle por Variáveis
5. Referências

Roteiro

1. Qualidade na Empresa
2. Gestão da Qualidade
3. Métodos Estatísticos em Controle de Processos
4. Cartas de Controle Univariadas
5. Capacidade do Processo
6. Avaliação de Qualidade de Medidas
7. Inspeção de Qualidade
8. Tópicos em Controle do Processo
9. Referências

**Melhoria de Qualidade
na Empresa Moderna**

Conceito de Qualidade

Não há uma única definição

- “Adequação ao uso”

Juran, 1999

- “Atender e, se possível, exceder as expectativas do consumidor”

Deming, 2000

- “Atender às especificações”

Crosby, 1995

Conceito de Qualidade – Costa et al.

- O valor do produto (ou do serviço) que quantifica o grau de satisfação do consumidor com respeito a vários quesitos

Dimensões da Qualidade

Garvin, 1987

- Desempenho
 - √ O produto realizará a tarefa pretendida?
- Confiabilidade
 - √ Qual a frequência de falhas do produto?
- Durabilidade:
 - √ Quanto tempo o produto durará?
- Assistência Técnica:
 - √ Qual a facilidade para consertar o produto?

- Estética
 - √ Qual a aparência do produto?
- Características
 - √ O que o produto faz?
- Qualidade percebida
 - √ Qual a reputação da empresa ou de seu produto?
- Conformidade com a especificação
 - √ O produto é feito como o projetista pretendia?

Definição Tradicional

- Qualidade significa adequação ao uso
- Qualidade de projeto (design)
 - Qualidade de conformação

Definição Moderna

- Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade

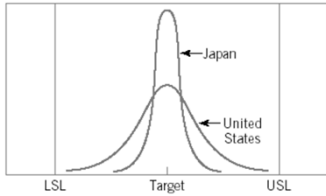
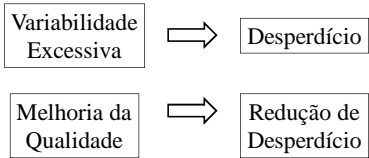


Figure 1-2 Distributions of critical dimensions for transmissions.

Melhoria da Qualidade

- Redução da variabilidade nos processos e produtos



Terminologia

- Característica da Qualidade
 - √ Descreve o que o consumidor considera qualidade
 - √ Característica Física:
 - comprimento, temperatura, viscosidade, etc.
 - √ Característica Sensorial:
 - gosto, aparência, cor, etc.
 - √ Orientação Temporal:
 - confiabilidade, durabilidade, etc.

- **Variável:**
 - √ Característica da qualidade com medidas contínuas
- **Atributo**
 - √ Característica da qualidade categórica ou com medidas discretas
- **Engenharia da Qualidade:**
 - √ Conjunto de atividades para garantir as características de qualidade
- **Objetivo:**
 - √ Redução sistemática da variabilidade em características da qualidade (melhoria da qualidade)

- **Valor nominal (valor-alvo)**
 - √ Valor desejada para a característica da qualidade
- **Limite Superior de Especificação (LSE)**
 - √ Maior valor permitido para a característica de qualidade
- **Limite Inferior de Especificação (LIE)**
 - √ Menor valor permitido para a característica de qualidade

- **Especificações**
 - √ Medidas desejadas para as características de qualidade
- **Produto Não-conforme:**
 - √ Não corresponde a uma ou mais das especificações de suas características de qualidade

Nem todo contendo um defeito é defeituoso

Entendendo a Terminologia

- Controle → previsibilidade
 - √ fenômeno controlado é fenômeno previsível
 - √ Processo previsível → variação rotineira
 - √ Processo imprevisível → variação excepcional
- Gráfico de controle → gráfico do comportamento do processo
- Controle Estatístico do Processo → Métodos de Melhoria Contínua

Histórico Controle de Qualidade

- Era Artesanal
até século XIX
- Era Industrial
1930 – 1980
- Era da Informação
a partir 1980

- Início:
 - √ Produção: padronização ('encaixe de peças')
 - √ Objetivo: intercambialidade das peças
 - √ Conceitos necessários: especificação, tolerância, conformidade
 - √ Foco: inspeção
 - √ Desenvolvimento de áreas como metrologia, sistema de medidas e especificações

- Walter A. Shewhart (1924):
 - √ Funde conceitos estatísticos à realidade produtiva da empresa
 - √ Gráficos de controles
 - √ PDCA (pla-do-check-act) para direcionamento das atividades de análise e solução de problemas

- Década de 30:
 - √ Grande evolução do Controle de Qualidade
 - √ Surgimento de técnicas de amostragem (redução inspeção 100%)
 - √ Normas americanas e britânicas de controle estatístico de qualidade
- 2ª. Guerra Mundial:
 - √ Grande catalisador para aplicação de controle de qualidade

- Pós-guerra:
 - √ Consolidação da área de qualidade nos EUA
 - √ 1946: Surgimento da *ASQC – American Society for Quality Control* (atual *ASQ – American Society for Quality*)
 - √ 1950: Surgimento da *JUSE – Japan Union of Scientists and Engineers*

- Armand Feigenbaum, 1951:
 - √ Primeiro a tratar a qualidade de forma sistêmica nas organizações
 - √ Formula o sistema de Controle da Qualidade Total (*TQC – Total Quality Control*)
- Philip B. Crosby, 1957:
 - √ Lança elementos que criaram o programa *Zero Defeito* (popular na empresa e em programas militares)

- Joseph Juran
 - √ 1951: *Planning and Practices em Quality Control* que apresentava modelo que envolvia planejamento e apuração dos custos de qualidade
 - √ O Controle de Qualidade passa a ser visto como uma ferramenta administrativa
 - √ Representou transição do CEQ para o CQT, que envolve a participação de todos os setores e de todos os funcionários da empresa

Trilogia de Juran

- Planejamento da Qualidade
- Controle da Qualidade
- Aperfeiçoamento da Qualidade

- William Edwards Deming
 - √ Forte orientação estatística e foco no controle de qualidade
 - √ Incorpora aspectos relacionados à participação dos trabalhadores e da alta gerência como fundamentais para a boa Gestão da Qualidade

A Visão de Deming

- A maioria dos problemas de qualidade são decorrentes de problemas de gerenciamento
- Necessidade de visão empresarial comprometida com a qualidade
- Necessidade de cultura organizacional voltada para a qualidade

Deming – Contribuições Importantes

- Utilização do ciclo PDCA
- Importância do entendimento da variabilidade presente nos processos
- Utilização de Gráficos de Controle para o gerenciamento de processos
- 14 Pontos de Deming

Ampliação da Gestão da Qualidade

- Pela cadeia de valor:
 - √ Gestão da Qualidade de todas as atividades que de alguma forma influem na satisfação do cliente
- Surgimento dos primeiros sistemas de garantia da qualidade:
 - √ setor militar
 - √ energia
 - √ indústria petrolífera
- Ampliação do foco
 - √ De questões puramente técnicas para gerenciais

Total Quality Management

- “TQM é o sistema de atividades dirigidas para se atingir clientes satisfeitos, empregados com responsabilidade e autoridade, maior faturamento e menor custo”

Juran, Quality Analysis and Planning
- “TQM é uma estratégia de fazer negócios que objetiva maximizar a competitividade de uma empresa através de melhoria contínua da qualidade dos seus produtos, serviços, pessoas, processos e ambiente”

Goestch, Introduction to Quality Control

- Kaoru Ishikawa
 - √ Teve importante papel no modelo japonês (década de 60 e 70)
 - √ Difusão de ferramentas e técnicas de análise e solução de problemas e gerenciamento de rotina utilizadas por grupos de melhoria (CQCs)
 - √ 7 ferramentas da qualidade:
 - análise de Pareto, diagrama de causa-e-efeito, histograma, folhas de controle, diagramas de escada, gráficos de controle e fluxos de controle

- **Genichi Taguchi**

- √ Foco nas atividades de projeto e não de produção
- √ Denominou a área como controle de qualidade *off-line*, para diferenciar das técnicas *on-line* de controle estatístico de processo
- √ Julgava que a única forma de satisfazer o cliente era criar produto de qualidade robusta (*robust quality*)

Conceito de Qualidade – Taguchi

- A produção, o uso e o descarte de um produto sempre acarretam perda (prejuízo) para a sociedade.
 - √ Quanto menor for a perda, melhor será a qualidade do produto
- Perdas para a sociedade:
 - √ Prejuízo ao meio ambiente
 - √ Prejuízos diretos para os consumidores
 - quebras, consumo excessivo, etc.

Normas da Série ISO 9000

- Define modelos de gestão da qualidade usadas para:
 - √ demonstrar capacidade da empresa (para garantir a qualidade) junto a seus clientes e também para avaliação por órgãos certificadores
- Evolução:
 - √ Primeira edição lançada em 1987 e revisada em 1994
 - √ Última revisão 2008
- Lista de normas e guias da série ISO 9000:
 - √ <http://www.abntcb25.com.br/>

Outras Séries ISO

- ISO 10.000:
 - √ Orientações para auditorias.
- ISO 14.000:
 - √ Diretrizes para gestão ambiental dentro de empresas.
- ISO 21.500
 - √ Padronização em gerenciamento de projetos
- ISO 31000
 - √ Padronização de terminologias e conceitos da gestão de riscos.

Seis Sigma

- Motorola, 1989
 - √ Em geral, produtos com muitos componentes complexos têm muitas oportunidades para **falhas e defeitos**
 - √ Foco:
 - Reduzir a variabilidade das principais características de qualidade a um nível tal que falhas e defeitos sejam extremamente improváveis
 - √ Conceito:
 - Atuar na variabilidade do processo de modo que os limites de especificação estejam a seis desvios-padrão da média

Porque Aprimoramento da Qualidade é Importante?

- Visita a fast-food:
 - √ Hamburger (pão, carne, molho especial, queijo, pickles, cebola, alface, tomate), fritas e bebida
 - √ Este produto tem 10 componentes
 - 99% de conformidade está okay?

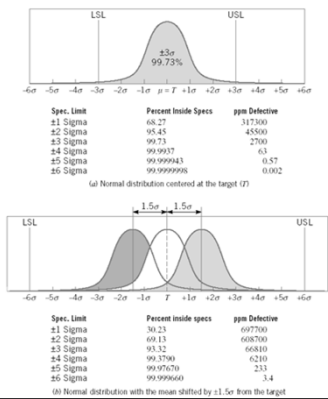
$P\{\text{Lanche cfe}\} = (0,99)^{10} = 0,9044$
Família de 4, uma vez p/ mês: $P\{\text{Todos lanches cfe.}\} = (0,9044)^4 = 0,6690$
 $P\{\text{Todos lanches cfe. em 1 ano}\} = (0,6690)^{12} = 0,0080$

$P\{\text{Lanche cfe}\} = (0,999)^{10} = 0,9900$
Família de 4, uma vez p/ mês: $P\{\text{Todos lanches cfe.}\} = (0,99)^4 = 0,9607$
 $P\{\text{Todos lanches cfe. em 1 ano}\} = (0,9607)^{12} = 0,6186$

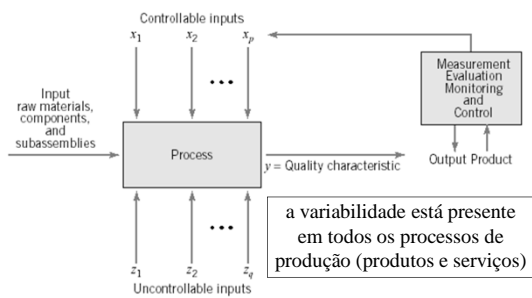
Seis Sigma – Exemplo

- Produto com 100 componentes
 - √ Todos os componentes devem ser conformes para o produto funcionar satisfatoriamente
- Desempenho 3-sigma: 2.700 ppm
 - √ $P\{\text{componente conforme}\} = 0,9973$
 - √ $P\{\text{produto não-defeituoso}\} = (0,9973)^{100} = 0,763$
- Desempenho 6-sigma: 0,2 ppm
 - √ $P\{\text{componente conforme}\} = 0,9999998$
 - √ $P\{\text{produto não-defeituoso}\} = (0,9999998)^{100} = 0,9998$

Comparação de Desempenhos



Processo de Produção



- Processo = conjunto de causas (entradas controláveis e não-controláveis) que provoca um ou mais efeitos (saídas)

Processo de Produção

- Atuam vários fatores (causas) que afetam suas características de qualidade (efeitos)
- Família de causas:
 - √ Matéria prima
 - √ Máquinas
 - √ Medidas
 - √ Meio-ambiente
 - √ Mão-de-obra
 - √ Método

Atividade 01

Métodos Estatísticos para Controle e Melhoria da Qualidade

- Controle Estatístico do Processo
 - √ Gráficos de Controle
 - √ Capacidade de Processo
 - √ Análise Sistema de Medidas
- Planejamento de Experimentos
- Amostragem de Aceitação

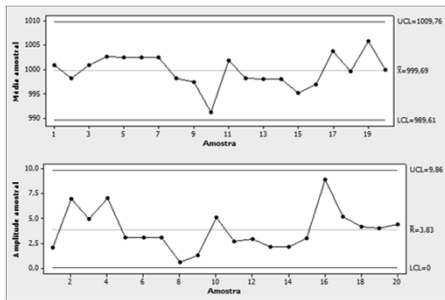
- **Qualidade de projeto (*design*):**
 - √ Determinação das condições ótimas dos parâmetros
 - √ Procedimento *off-line*
 - √ Usado em atividade de desenvolvimento ou nos estágios iniciais de manufatura

- **Qualidade de conformação:**
 - √ Como o produto corresponde às especificações de projeto
(*Controle Estatístico de Processo*)
 - √ Procedimento *on-line*
 - √ Usado durante o processo de produção

Controle Estatístico do Processo

- Acompanhamento contínuo de um fluxo de atividades, em que podem ser realizados ajustes, para que o resultado do esforço esteja em conformidade com um padrão definido

Gráficos de Controle



- É uma das principais técnicas de CEP

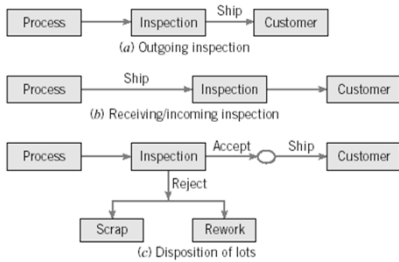
Gráficos de Controle – Características

- Eficácia:
 - √ Medida da rapidez com que são detectadas alterações no processo
- Parâmetros de planejamento:
 - √ tamanho das amostras
 - √ intervalo de tempo entre amostragens
 - √ limites de controle
- Escolha estatística dos parâmetros:
 - √ Trade-off entre custo de operação e eficácia

Inspeção de Aceitação

- Inspeção de amostra aleatória de unidades e decisão final sobre destino do lote
 - √ Em geral ocorre por ocasião da entrada de insumos e/ou na produção final
 - √ Os programas de melhoria contínua sugerem a redução no uso de técnicas de inspeção de aceitação
 - √ (“fazer certo” da primeira vez e não verificar após agregação de valor ao produto)
 - √ Anterior ao desenvolvimento da metodologia estatística para melhoria da qualidade

Variações da Amostragem de Aceitação



Métodos de Engenharia de Qualidade

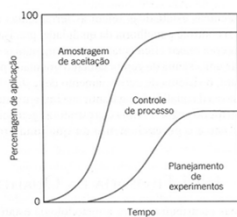


Fig. 1-7 Diagrama de fases do uso de métodos da engenharia da qualidade.

- Os sistemas modernos de garantia da qualidade enfatizam menos a amostragem de aceitação, focando CEP e DOE

Melhoria Contínua da Qualidade

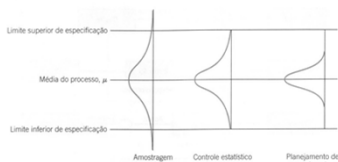


Fig. 1-8 Aplicação de técnicas de engenharia da qualidade e a sistemática redução na variabilidade do processo.

- Objetivo Principal:
 √ Redução sistemática da variabilidade nas características chave da qualidade do produto

Eras da Qualidade

- Inspeção do Produto
- Controle do Processo
- Garantia da Qualidade
- Gestão da Qualidade Total

Inspeção

- Interesse Principal:
 - √ Verificação
- Visão da Qualidade:
 - √ Um problema a ser resolvido
- Ênfase:
 - √ Uniformidade do produto
- Métodos:
 - √ Instrumentos de medição
- Papel dos Profissionais da Qualidade:
 - √ Inspeção, classificação, contagem, avaliação e reparo
- Responsável pela Qualidade:
 - √ Departamento de Inspeção

Controle do Processo

- Interesse Principal:
 - √ Controle
- Visão da Qualidade:
 - √ Um problema a ser resolvido
- Ênfase:
 - √ Uniformidade do produto com menos inspeção
- Métodos:
 - √ Ferramentas e técnicas estatísticas
- Papel dos Profissionais da Qualidade:
 - √ Solução de problemas e a aplicação de métodos estatísticos
- Responsável pela Qualidade:
 - √ Departamentos de fabricação e de engenharia (CQ)

Garantia da Qualidade

- Interesse Principal:
 - √ Coordenação
- Visão da Qualidade:
 - √ Um problema a ser resolvido, mas enfrentado proativamente
- Ênfase:
 - √ Toda a cadeia de fabricação, desde o projeto até o mercado, e a contribuição de todos os grupos funcionais para impedir falhas de qualidade
- Métodos:
 - √ Programas e sistemas

- Papel dos Profissionais da Qualidade:
 - √ Planejamento, medição da qualidade e desenvolvimento de programas
- Responsável pela Qualidade:
 - √ Todos os departamentos, com a alta administração se envolvendo superficialmente no planejamento e na execução das diretrizes da qualidade

Gestão da Qualidade Total

- Interesse Principal:
 - √ Impacto estratégico
- Visão da Qualidade:
 - √ Uma oportunidade de diferenciação da concorrência
- Ênfase:
 - √ As necessidades de mercado e do cliente
- Métodos:
 - √ Planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos e a mobilização da organização

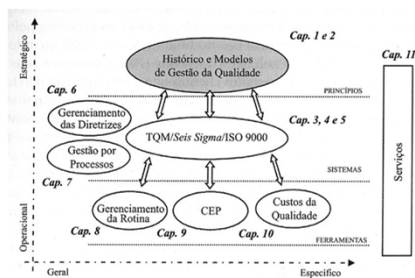
- Papel dos Profissionais da Qualidade:
 - √ Estabelecimento de metas, educação e treinamento, consultoria a outros departamentos e desenvolvimento de programas
- Responsável pela Qualidade:
 - √ Todos na empresa, com a alta administração exercendo forte liderança

Fonte: M.M. de Carvalho e E.P. Paladini (coord.). *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*.

Aspectos Gerenciais da Melhoria de Qualidade

- Gerenciamento da qualidade pode ser obtido utilizando-se três processos gerenciais (Trilogia Juran)
 - √ Planejamento da Qualidade
 - √ Controle da Qualidade
 - √ Melhoria da Qualidade

Modelo Geral da Gestão da Qualidade



Fonte: M.M. de Carvalho e E.P. Paladini (coord.). *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*.

Fontes de Pesquisa – Congressos

- Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Enegep
√ Associação Brasileira de Engenharia de Produção (Abepro)
- Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística – Sinap
√ Associação Brasileira de Estatística (ABE)
- Simpósio Nacional de Pesquisa Operacional – SBPO
√ Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (Sobrapo)

Fontes de Pesquisa – Periódicos Nacionais

- Produção
√ Editado pela Abepro
- Gestão & Produção
√ Editado pela UFSCar
- Produto & Produção
√ Editado pela UFRGS
- Pesquisa Operacional
√ Editado pela Sobrapo

Fontes de Pesquisa – Periódicos Internacionais

- *Journal of Quality Technology*
√ Editado pela *American Society of Quality (ASQ)*
- *Quality Engineering*
√ Editado pela *ASQ* e *Marcel Dekker*
- *IIE Transactions*
√ Editado pelo *Industrial Engineers (IIE)*
- *Technometrics*
√ Editado pela *ASQ* e *American Statistical Association*

Referências

Bibliografia Recomendada

- COSTA, A.F.B.; EPPRECHT, E.K. e CARPINETTI, L.C.R. *Controle Estatístico de Qualidade*. Atlas, 2004
- MONTGOMERY, D.C. *Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade*, 4ª. edição. LTC, 2004
- WERKEMA, M.C.C. *Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos*. Fundação Cristiano Ottoni, 1995.
- CARVALHO, M.M. E PALADINI, E.P. *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. Campus, 2006.
