

**Ferramentas da Qualidade**

---

---

---

---

---

---

---

---

- Roteiro**
1. Conceitos Básicos
  2. Folha de Verificação
  3. Gráfico de Pareto
  4. Fluxograma
  5. Diagrama de Causa-e-efeito
  6. Histograma
  7. Diagrama de Dispersão
  8. Referências

---

---

---

---

---

---

---

---

**Conceitos Básicos**

---

---

---

---

---

---

---

---

## Variabilidade dos Processos

- Causas Comuns ou Aleatórias:
  - √ Variabilidade inerente ao processo
    - Presente mesmo quando operando conforme padrão
  - √ Processo sob controle estatístico
    - Comportamento estável/previsível
- Causas Especiais ou Atribuíveis:
  - √ Surgem em situações particulares
  - √ Modificação no nível de qualidade do processo
  - √ Processo fora de controle estatístico

---

---

---

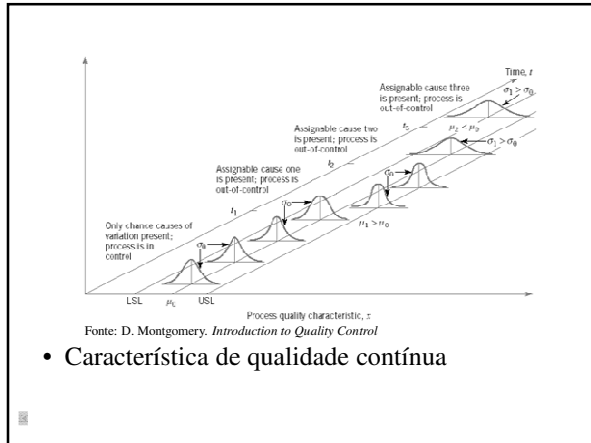
---

---

---

---

---



Fonte: D. Montgomery. *Introduction to Quality Control*

- Característica de qualidade contínua

---

---

---

---

---

---

---

---

- Redução da variabilidade do processo:
  - √ Coleta e análise de dados
  - √ Identificação das principais causas de variação
- Eliminação das causas especiais:
  - √ manutenção da estabilidade do processo (controle)
- Redução das causas comuns:
  - √ Melhoria do nível de qualidade do processo (capacidade)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Causa e Efeito

- Itens de controle: medição da qualidade do processo
  - √ Índices numéricos estabelecidos sobre os efeitos no processo para medir qualidade total
  - √ Indicador de conformidade de característica de qualidade
  - √ Ex.: Viagem JF – SP: 5 horas



---

---

---

---

---

---

---

---

### Causa e Efeito

- Itens de verificação (avaliação):
  - √ Índices numéricos estabelecidos sobre as principais causas
  - √ Velocidade: 90 km/h
- Várias causas afetam efeito do processo. Poucas delas têm influência significativa



---

---

---

---

---

---

---

---

### Problema

- Resultado indesejável de um processo → Item de controle com o qual não estamos satisfeitos



---

---

---

---

---

---

---

---

## Implantação Programas de Qualidade

- Perguntas Essenciais:
  - √ O que precisa ser feito?
  - √ Como fazer?
- Deve-se sempre observar o método, assim como saber utilizar técnicas e ferramentas

---

---

---

---

---

---

---

---

## Exemplo

- Transformação de características da qualidade em itens de controle

Característica de qualidade	Item de controle	Fórmula
Alta Produção	Índice de produção	Qte. Semanal de RC's atendidas Qte. semanal de RC's recebidas
Custo operacional baixo	Custo operacional por RC atendida	Custo operacional mensal Qte. mensal de RC's atendidas
Estar satisfeito com o trabalho	Índice de faltas	Qte. mensal faltas não justificadas Qte. mensal de faltas por setor
Item comprado pelo menor preço	Índice de preço	Total mensal dos preços pagos Total mensal dos preços médios de mercado

---

---

---

---

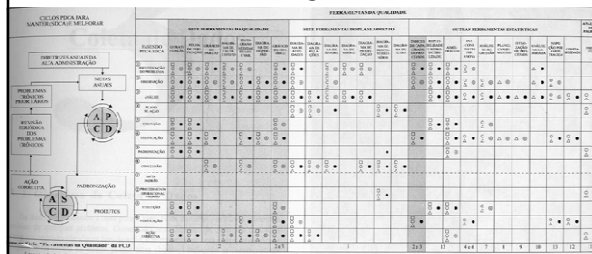
---

---

---

---

## Integração Ferramentas da Qualidade e PDCA



- As ferramentas da qualidade são utilizadas para coletar, processar e dispor as informações necessárias ao giro do PDCA para manter e melhorar resultados

Fonte: M.C.C. Werkema. Ferramentas Estatísticas para o Gerenciamento de Processos

---

---

---

---

---

---

---

---

### Controle Estatístico de Processo

- Conjunto de ferramentas utilizadas para obter estabilidade e melhoria da capacidade dos processos, por meio da redução da variabilidade

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ferramentas do Controle da Qualidade

- Principais ferramentas de resolução de problemas de Controle Estatístico do Processo – CEP (*Ishikawa*):
  1. Histograma
  2. Folhas de verificação
  3. Diagrama de Pareto
  4. Diagrama de causa-e-efeito
  5. Fluxograma
  6. Diagrama de dispersão
  7. Gráfico de controle

---

---

---

---

---

---

---

---

### Comentários

- “Nem todos os problemas podem ser resolvidos por essas ferramentas, mas pelo menos 95% podem ser, e qualquer trabalhador fabril pode utilizá-las efetivamente.” (*Ishikawa*)
- Essas ferramentas deveriam ser ensinadas amplamente para toda a organização;
- O gráfico de controle é mais eficaz quando integrado em amplo programa de CEP.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ferramentas da Qualidade

- Auxiliam nas etapas de:
  - √ Geração e organização de idéias;
  - √ Análise de dados;
  - √ Definição de estratégias e planos de ação;
  - √ Definição e priorização de ações
- Podem ser usados com:
  - √ Dados quantitativos;
  - √ Dados qualitativos.



---

---

---

---

---

---

---

---

### Cuidados

- Erro comum:
  - √ Procurar um problema que se ajuste à ferramenta.
- Raciocínio correto:
  - √ Procurar as ferramentas que ajudam a resolver o problema.
- Importante:
  - √ Os dados precisam ser analisados para gerarem informações úteis e conseqüentemente ação (decisão)



---

---

---

---

---

---

---

---

### A Importância da Informação

- Existem casos em que:
  - √ A empresa não coleta dados;
  - √ A empresa coleta dados e não analisa;
  - √ A empresa coleta dados e analisa superficialmente ou de forma incorreta;
  - √ A empresa coleta, analisa e não atua;
  - √ A empresa coleta, analisa e atua.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Folha de Verificação

---

---

---

---

---

---

---

---

## Coleta de Dados

- Primeira etapa para redução de variabilidade do processo
  - √ Representação da situação real do processo
- Objetivo: avaliar o processo
- Conceitos:
  - √ População: o processo
  - √ Amostra: itens retirados do processo que representem a população

---

---

---

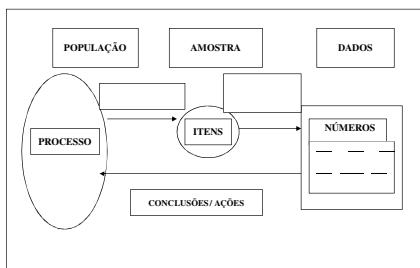
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

### Obtenção de Dados Confiáveis

- Qual o objetivo da coleta de dados?
  - √ Coleta de dados sem objetivos definidos é inútil e onerosa
- Quais devem ser os dados coletados?
  - √ Focar dados importantes
  - √ Tamanho amostral depende de:
    - Objetivo da coleta
    - Características do processo (tipo de variável, variabilidade, etc.)
    - Precisão desejada da estimativa



---

---

---

---

---

---

---

---

- Sistema de Medição:
  - √ Os métodos de medição têm precisão adequada aos objetivos desejados?
  - √ Os instrumentos estão calibrados?
  - √ As pessoas sabem ler os instrumentos com segurança?
  - √ Os instrumentos estão em local de fácil acesso às pessoas que farão a leitura e nas condições ambientais recomendadas pelo fabricante?



---

---

---

---

---

---

---

---

- Registro dos dados
  - √ Foi elaborada folha de coleta de dados (lista de verificação)
    - simples?
    - de fácil preenchimento ?
    - com espaço para registrar todas as informações relevantes?
    - há histórico dos dados?
      - onde? Quando? Quem? Como? Registro de anomalias na coleta?



---

---

---

---

---

---

---

---

- **Pessoal de campo:**
  - √ sabem por que os dados estão sendo coletados?
  - √ sabem preencher a folha de coleta sem qualquer dúvida?
- **Supervisão é Importante!**
  - √ Assegurar-se que não existem dúvidas quanto à coleta e registro dos dados
    - presença no local de coleta na fase inicial dos trabalhos

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Folha de Verificação**

- Planilha ou formulário para registro de dados;
  - √ Itens a serem verificados definidos previamente;
  - √ Coleta fácil e concisa de dados;
- Utilização de dados históricos ou correntes sobre operação do processo em investigação;
- É ponto de partida de todo procedimento de transformação de opinião em dados e fatos.

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Usos**

- Facilitar e organizar o processo de coleta e registro dos dados;
- Facilitar uso posterior dos dados;
- Disponibilizar os dados de forma mais organizada;
- Verificar o tipo e a frequência do defeito;
- Verificar a localização do defeito.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Vantagens

- Permite percepção rápida da realidade e imediata interpretação da situação;
- Auxilia na diminuição de erros e confusões;
- Resumo orientado no tempo é valioso na pesquisa de tendências ou padrões significativos.

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Importante:**
  - √ Deve-se conhecer a estratificação dos dados antes da construção da Folha de Verificação;
  - √ Deve-se registrar sempre:
    - Local da coleta;
    - Data da coleta;
    - Responsável pelo trabalho.
- **Características:**
  - √ Permite organização imediata dos dados, sem necessidade de rearranjo;
  - √ Otimiza posterior análise dos dados.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de Folha de Verificação (1)

- Para distribuição de freqüência de um item de controle:
  - √ Estuda distribuição dos valores de um item de controle associado ao processo;
  - √ Permite classificação dos dados no instante de sua coleta

---

---

---

---

---

---

---

---



- √ Permite determinar se a localização fornece informação útil sobre causas potenciais de defeitos;
- √ Permite registro da localização física de não-conformidades, defeitos, acidentes, etc.
- √ Possui geralmente um tipo de croqui ou vista ampliada, permitindo a marcação da localização do defeito;

---

---

---

---

---

---

---

---

- Para identificação de causas de defeitos:
  - √ Amplia a possibilidade de classificação;
  - √ Permite estratificação mais detalhada dos fatores constituintes de um defeito

Produto	Causa				
	1	2	3	4	5
Produto 1	X			X	
Produto 2			X		
Produto 3		X		X	X
Total	1	1	1	2	1

---

---

---

---

---

---

---

---

### Exemplo

- Folha de controle sobre defeitos relativos a tanques em indústria aeroespacial
  - √ Dados resumidos mensalmente
  - √ Identificação de tantos tipos de defeitos quanto possível
  - √ Objetivo:
    - investigar os tipos de defeitos
    - Resumo orientado no tempo
    - Pesquisar tendências ou padrões significativos

---

---

---

---

---

---

---

---



## Gráfico de Pareto

---

---

---

---

---

---

---

---

### Princípio de Pareto

- Técnica que busca separar os problemas vitais (poucos) dos triviais (muitos)

O diagrama ilustra o Princípio de Pareto com um retângulo dividido por uma diagonal descendente da esquerda superior para a direita inferior. A área superior esquerda, representando 20% dos problemas, contém um retângulo rotulado '80% de impacto'. A área inferior direita, representando 80% dos problemas, contém um retângulo rotulado '20% de impacto'.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Problemas

- “Poucos e vitais”:
  - √ Representam um **pequeno número de problemas** que, no entanto, resultam em **grandes perdas**.
- “Muitos e triviais”:
  - √ São um **grande número de problemas** que resultam em **perdas pouco significativas**.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Objetivo

- Identificar as causas dos “poucos problemas vitais”;
  - √ Focar na solução dessas causas;
  - √ Eliminar uma parcela importante das perdas com um pequeno número de ações.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Diagrama de Pareto

- Distribuição de freqüências de dados organizados por categorias:
  - √ Marca-se a freqüência total de ocorrência de cada defeito vs. o tipo de defeito
  - √ Uma escala para freqüência absoluta e outra para a freqüência relativa acumulada.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Diagrama de Pareto

- Identifica-se rapidamente os defeitos que ocorrem com maior freqüência
- Os defeitos mais freqüentes não são necessariamente os defeitos mais importantes.

---

---

---

---

---

---

---

---



### Defeitos com Conseqüências Diversas

- Se há defeitos com conseqüências sérias, misturados com outros de menor importância, pode-se:
  - √ Usar ponderação para modificar as contagens de freqüências;
  - √ Acompanhar a análise do diagrama de Pareto de freqüência com um gráfico de Pareto de custo ou de impacto



---

---

---

---

---

---

---

---

### Gráfico de Pareto Ponderado – Causas

- Quando o Pareto for para **causas**, pode-se ponderar pelas:
  - √ Probabilidade de ser a causa principal;
  - √ Facilidade de atuação
- *Fator de ponderação = probabilidade x facilidade*



---

---

---

---

---

---

---

---

### Ponderações

- Probabilidade de ser a principal causa do problema:
  - √ 1,0: muito provável
  - √ 0,5: moderadamente provável
  - √ 0,1: pouco provável
- Facilidade de atuação:
  - √ 1: difícil de atuar
  - √ 50: dificuldade de atuação moderada
  - √ 100: fácil de atuar



---

---

---

---

---

---

---

---

### Exemplo

Causa	Probabilidade	Facilidade Atuação	Fator de Ponderação
Causa A	0,90	50	45,0
Causa B	0,10	80	8,0
Causa C	0,30	100	30,0
Causa D	0,90	80	72,0

---

---

---

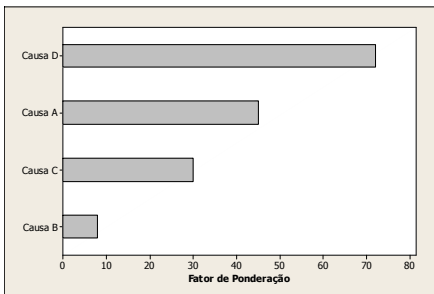
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Gráfico de Pareto Ponderado – Defeitos

- Quando o Pareto for para **defeitos**, pode-se ponderar a frequência dos defeitos pela:
  - √ Criticidade do defeito;
  - √ Custo do defeito.
- *Fator ponderador=frequência x criticidade x custo*

---

---

---

---

---

---

---

---

## Outros Critérios

- Método REI
  - √ Resultado
  - √ Exequibilidade
  - √ Investimento
- Método GUT
  - √ Gravidade
  - √ Urgência
  - √ Tendência

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### • Método REI

Resultado (R)	Exequibilidade (E)	Investimento (I)	Prioridade (P)
Resultado que a alternativa proporciona:	Facilidade de implantação da alternativa:	Custo de implantação da alternativa:	P = R x E x I
Elimina todas as dificuldades: Peso: 5	Fácil de ser implantada: Peso: 5	Baixo custo de implantação: Peso: 5	
Elimina parcialmente: Peso: 3	Dificuldade intermediária: Peso: 3	Custo intermediário: Peso: 3	
Elimina totalmente: Peso: 1	Difícil de ser implantada: Peso: 1	Alto custo de implantação: Peso: 1	

### • Método GUT

Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Prioridade (P)
Prejuízo que a situação poderá causar:	Urgência na tomada de decisão:	Situação no caso de não ser efetuada nenhuma ação:	P = G x U x T
Muito importante: Peso: 5	Imediata: Peso: 5	Situação deteriorará: Peso: 5	
Moderadamente importante: Peso: 3	A médio prazo: Peso: 3	Situação estável: Peso: 3	
Pouco importante: Peso: 1	Pode ser adiada: Peso: 1	Situação melhorará: Peso: 1	

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Aplicações Não-industriais

- Muito utilizado em métodos de melhoria de qualidade

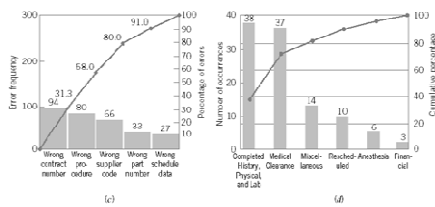


Figure 4-18 Various examples of Pareto charts.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Comentários

- Gráficos de Pareto sobre causas de problemas:
  - √ Se não aparecerem diferenças claras, reagrupar os dados
- Se a categoria “**outros**” apresentar frequência elevada, significa que as categorias não foram adequadas;

---

---

---

---

---

---

---

---

### Comentários

- Comparação dos gráficos de Pareto “**antes**” e “**depois**” permitem avaliar o impacto de mudanças efetuadas no processo.
- Nem sempre eventos mais frequentes ou de maior custo são os mais importantes.
  - √ Ex. Um acidente fatal vs. 100 cortes nos dedos

---

---

---

---

---

---

---

---

### Exercício

- Análise do processo de preenchimento de apólices de seguro:
  - √ 2 modelos diferentes de formulário
  - √ 4 operadores trabalharam no preenchimento
  - √ 5 tipos de problemas com os formulários
- Pede-se:
  - √ Identificar os problemas vitais e triviais
  - √ Considerar estratificação na análise
- Banco de dados: *seguro*

---

---

---

---

---

---

---

---



# Fluxograma

---

---

---

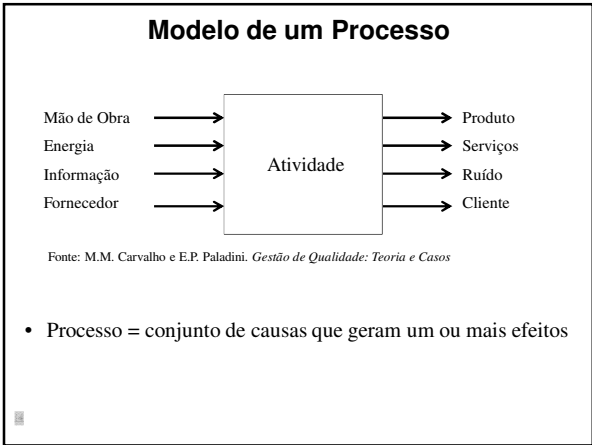
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

- ### Mapeamento de Processos
- Objetivo:
    - √ Conhecer com detalhe e profundidade todas as operações que ocorrem durante fabricação de produto
  - Mapeamento:
    - √ Entender os conceitos do processo e sistema
    - √ Entender os elementos do FEPSC
      - Fornecedor, entrada, processo, saída, cliente)
    - √ Entender o que é valor para a empresa e o cliente
    - √ Saber identificar onde uma melhoria deve ter maior impacto

---

---

---

---

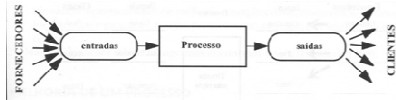
---

---

---

---

## Representação de FEPSC



Fonte: M.M. Carvalho e E.P. Paladini. *Gestão de Qualidade: Teoria e Casos*

- Definição das fronteiras do processo
  - √ Onde começam e onde acabam as atividades

---

---

---

---

---

---

---

---

- O fluxograma possibilita:
  - √ Criar entendimento comum,
  - √ Tornar claro os passos em um processo,
  - √ Identificar oportunidades de melhoria (complexidade, desperdício, atrasos, ineficiências e gargalos)
  - √ Revelar problemas no processo
  - √ Revelar operação do processo

---

---

---

---

---

---

---

---

## FEPSC – Sequência Lógica

- Determinação do propósito:
  - √ Porque existe o processo?
  - √ Qual é o propósito deste processo?
  - √ Qual é o resultado?
- Análise das saídas
  - √ Que produto faz este processo?
  - √ Quais são as saídas deste processo?
  - √ Em que ponto termina este processo?

---

---

---

---

---

---

---

---

- Dados dos clientes:
  - √ Quem usa os produtos deste processo?
  - √ Quem são os clientes deste processo?
- Análise das entradas e fornecedores
  - √ De onde vem a informação ou material com o qual você trabalha?
  - √ Onde afetam o fluxo do processo?
  - √ Que efeito tem no processo e nos resultados?

---

---

---

---

---

---

---

---

- Determinar os passos do processo:
  - √ O que ocorre com cada *input*?
  - √ Que atividades de conversão acontecem?

---

---

---

---

---

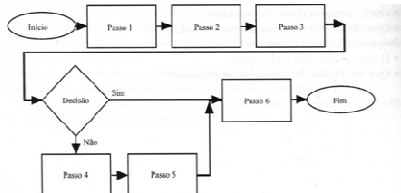
---

---

---

### Fluxograma

- Ferramentas que tornam um processo visível



Fonte: M.M. Carvalho e E.P. Paladini. *Gestão de Qualidade: Teoria e Casos*

---

---

---

---

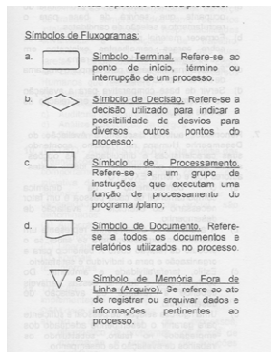
---

---

---

---

## Símbolos de Fluxograma




---

---

---

---

---

---

---

---

## Símbolos do Fluxograma

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Início ou Fim		Inspecção
	Operação		Estoque
	Transporte		Espera
	Conector		Decisão
	Documento		Sentido

---

---

---

---

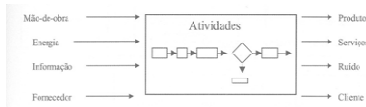
---

---

---

---

## Perspectiva de Modelagem



√ Y: representa o resultado do processo (saída)

- desempenho
- requisito do cliente

√ X: ações efetuadas para alcançar objetivos do processo

- pessoal
- tempo
- máquina
- tecnologia

---

---

---

---

---

---

---

---



**Diagrama de Causa-e-efeito**

---

---

---

---

---

---

---

---

- Diagrama de Causa–e–efeito**
- Representa a relação entre o “efeito” e suas possíveis “causas”;
  - Utilizado para **identificar, explorar e ressaltar** as possíveis causas de um problema ou condição específica
  - Ferramenta útil na eliminação de causas potenciais

---

---

---

---

---

---

---

---

- Outros Nomes**
- Diagrama de espinha de peixe;
  - Diagrama de Ishikawa;
  - Diagrama 6M

---

---

---

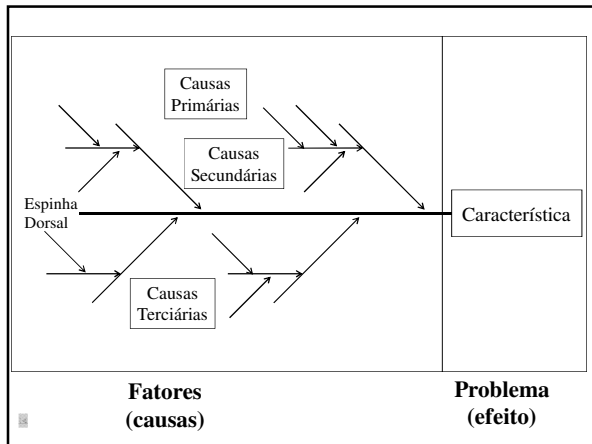
---

---

---

---

---




---

---

---

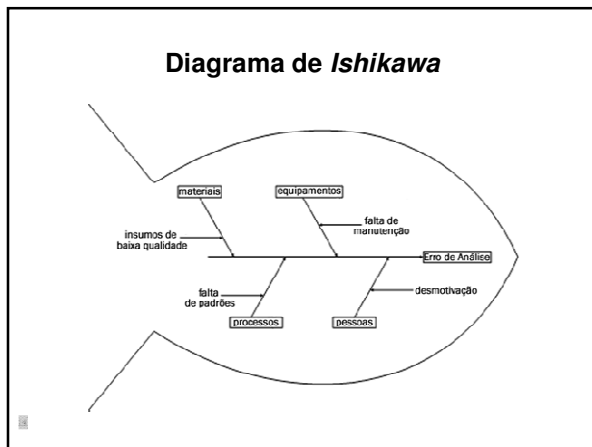
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**Construção do Diagrama**

- Defina o problema a ser analisado;
- Forme equipe para a análise
  - √ Em geral, as causas potenciais são descobertas em *brainstorming*;
- Desenhe a caixa de efeito e a linha central;
- Especifique as principais categorias de causas potenciais e coloque-as em caixas ligadas à linha central;

---

---

---

---

---

---

---

---

### Construção do Diagrama

- Identifique as causas possíveis e classifique-as nas categorias do passo anterior. Crie novas categorias, se necessário
- Ordene as causas para identificar aquelas que parecem mais prováveis de causar impacto sobre o problema
- Adote ações corretivas

---

---

---

---

---

---

---

---

### Causas – 6M

- As principais causas podem ser agrupadas em 6 categorias:
    - √ Método;
    - √ Mão-de-obra;
    - √ Material;
    - √ Máquina;
    - √ Meio Ambiente;
    - √ Medida.
- } 4 M  
(para alguns autores)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Detalhamento

- |  |  |
|--|--|
| • Método: <ul style="list-style-type: none"><li>√ Instrução</li><li>√ Procedimento</li></ul> | • Máquina: <ul style="list-style-type: none"><li>√ Deterioração</li><li>√ Manutenção</li></ul>   |
| • Mão-de-obra: <ul style="list-style-type: none"><li>√ Físico;</li><li>√ Mental.</li></ul>   | • Meio Ambiente: <ul style="list-style-type: none"><li>√ Intempéries;</li><li>√ Clima.</li></ul> |
| • Material: <ul style="list-style-type: none"><li>√ Fornecedor;</li><li>√ Próprio.</li></ul> | • Medida: <ul style="list-style-type: none"><li>√ Instrumento;</li><li>√ Inspeção.</li></ul>     |

---

---

---

---

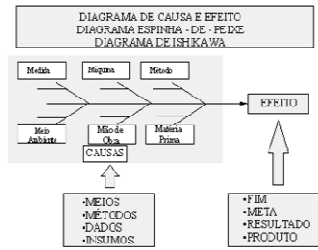
---

---

---

---

### Diagrama de Causa-e-efeito




---

---

---

---

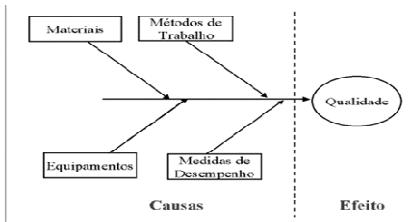
---

---

---

---

### Diagrama de Causa-e-Efeito – Diagrama




---

---

---

---

---

---

---

---

### Exemplo – Produto




---

---

---

---

---

---

---

---

- Em áreas administrativas, mais adequado:
  - √ Políticas;
  - √ Procedimento;
  - √ Pessoal;
  - √ Planta (*layout*).
- 6M e 4P são apenas sugestões;
- Deve-se usar qualquer classificação que auxilie as pessoas a pensarem criativamente.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Exemplo – Serviço




---

---

---

---

---

---

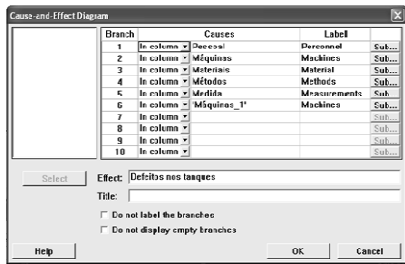
---

---

### Exemplo

- Causas dos defeitos em tanques
  - √ Planilha: *causa-e-efeito*

Stat > Quality Tools > Cause-and-effect →




---

---

---

---

---

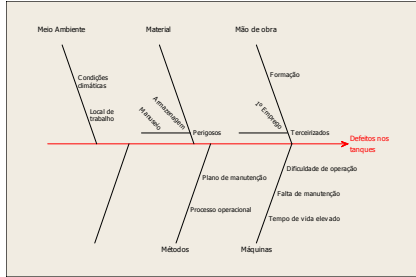
---

---

---

## Exemplo

- Acidentes de Trabalho
- √ Planilha: *causa acidentes*




---

---

---

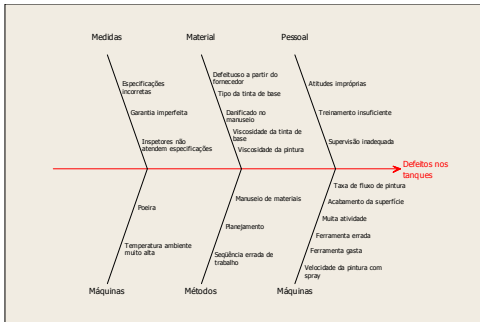
---

---

---

---

---




---

---

---

---

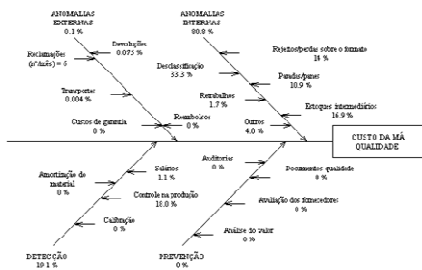
---

---

---

---

- Causas de Custos da Má Qualidade




---

---

---

---

---

---

---

---

### **Comentários**

- O diagrama deve ser construído por pessoas realmente envolvidas no processo;
- A técnica de *brainstorming* auxilia o levantamento completo das possíveis causas;
- Deve-se expressar de forma mensurável os efeitos e as causas (sempre que possível);



---

---

---

---

---

---

---

---

### **Comentários**

- Diagrama muito detalhado pode servir como um eficiente auxiliar para localizar e reparar defeitos
- A construção de um diagrama de causa-e-efeito como uma experiência de grupo tende a levar as pessoas envolvidas a atacar o problema e não a atribuir culpas



---

---

---

---

---

---

---

---

### **Histograma**

---

---

---

---

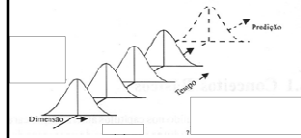
---

---

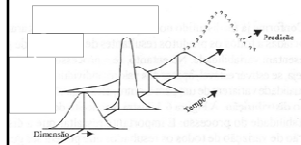
---

---

## Distribuição e Estabilidade do Processo



Apenas causas comuns de variação:  
✓ Processo com distribuição estável ao longo do tempo



Presença de causas especiais:  
✓ Processo não segue distribuição estável  
✓ Processo não é previsível

Fonte: M.C.C. Werkema. *Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos*

---

---

---

---

---

---

---

---

- Distribuições podem diferir em:



---

---

---

---

---

---

---

---

## Histograma

- Informações dispostas de maneira a possibilitar visualização de conjunto de dados.
- Permite percepção de:
  - ✓ forma da distribuição
  - ✓ localização valor central
  - ✓ dispersão

---

---

---

---

---

---

---

---

- Outros gráficos dispõem as informações de modo similar ao histograma:
  - ✓ diagrama de pontos
  - ✓ gráfico ramo-e-folhas
  - ✓ box-plot

---

---

---

---

---

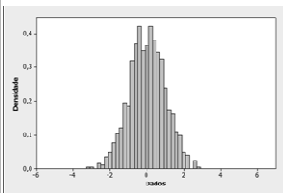
---

---

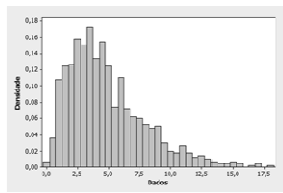
---

### Tipos de Histograma

Simétrico



Assimétrico



- ✓ Variável contínua s/ restrições
- ✓ Processo usualmente estável
- ✓ Valor médio fora do centro
- ✓ Variável com limite de variação

---

---

---

---

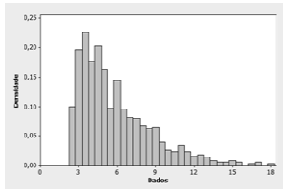
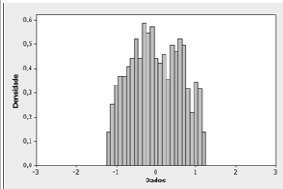
---

---

---

---

- “Despenhadeiro”:



- ✓ Processo não atende especificações com descarte de defeituosos
- ✓ Assimetrias acentuadas

---

---

---

---

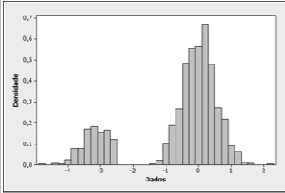
---

---

---

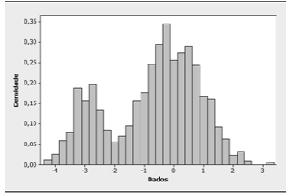
---

•“Ilhas isoladas”:



- ✓ Processo apresenta alguma irregularidade
- ✓ Erros de medida ou de registro dos dados

•Bimodal



- ✓ Dados misturados de duas distribuições com médias muito diferentes (turnos, máquinas diferentes)

---

---

---

---

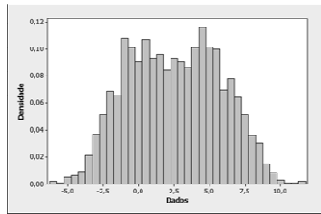
---

---

---

---

• Achatado



- ✓ Dados misturados de duas distribuições com médias não muito diferentes

---

---

---

---

---

---

---

---

### Histogramas vs. Limites de Especificação

- Responde as seguintes questões:
  - ✓ O processo é capaz de atender às especificações?
  - ✓ O processo está centrado?
  - ✓ São necessárias medidas para reduzir variabilidade?

---

---

---

---

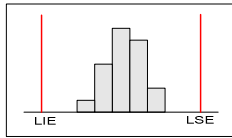
---

---

---

---

• Caso A:



- ✓ Dentro dos limites de especificação
- ✓ Atende faixa de tolerância com folga
- ✓ Processo centrado
- ✓ Variabilidade aceitável

---

---

---

---

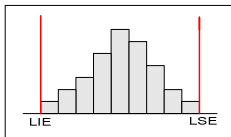
---

---

---

---

• Caso B:



- ✓ Dentro dos limites de especificação
- ✓ Não atende com folga a faixa de tolerância
- ✓ Processo centrado
- ✓ Variabilidade elevada
  - Adotar medidas para diminuir variabilidade

---

---

---

---

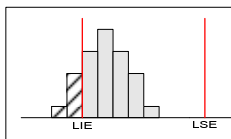
---

---

---

---

• Caso C:



- ✓ Não atende aos limites de especificação
  - Desajuste na média
- ✓ Processo deslocado
  - Adotar medidas para ajustar (valor nominal)
- ✓ Variabilidade aceitável

---

---

---

---

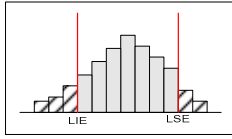
---

---

---

---

• Caso D:



- √ Não atende aos limites de especificação
  - Desajuste na variabilidade
- √ Processo centrado
- √ Variabilidade elevada
  - Adotar medidas para reduzir variabilidade



---

---

---

---

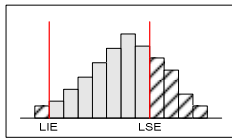
---

---

---

---

• Caso E:



- √ Não atende aos limites de especificação
  - Desajuste na média e na variabilidade
- √ Processo deslocado
  - Adotar medidas para ajustar a média
- √ Variabilidade elevada
  - Adotar medidas para reduzir variabilidade



---

---

---

---

---

---

---

---

### Estratificação

- Agrupamento de elementos com características iguais ou muito semelhantes, baseando-se em fatores apropriados (fatores de estratificação);
  - √ As principais causas de variabilidade são os possíveis fatores de estratificação;



---

---

---

---

---

---

---

---

### Objetivos

- Encontrar padrões que auxiliem na compreensão dos mecanismos causais e nas variações de um processo.
  - √ Divisão dos dados em subgrupos homogêneos internamente (estratos) e heterogêneos entre si;
  - √ Permitir melhor entendimento do problema.
- Elementos com mesmas características tendem a ter causas e soluções comuns.



---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de Estratificação

- Tempo:
  - √ Os resultados relacionados com o problema são diferentes de manhã, à tarde ou à noite?
- Local:
  - √ Os resultados são diferentes nas diferentes linhas de produção?
- Indivíduos:
  - √ Os resultados são diferentes dependendo do operador do processo?



---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de Estratificação

- Sintoma:
  - √ Os resultados diferem em função dos diferentes defeitos que podem ocorrer?
- Tipo:
  - √ Os resultados são diferentes dependendo do fornecedor da matéria-prima?



---

---

---

---

---

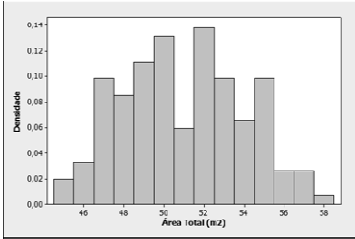
---

---

---

### Exemplo

- Área construída de apartamentos em 2 blocos



✓ Aparenta ser bimodal

---

---

---

---

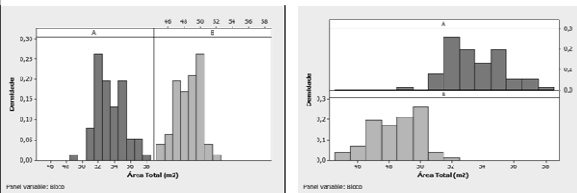
---

---

---

---

- Estratificação:



✓ Comparação com mesmas escalas e larguras de classe  
✓ Histogramas de densidade

---

---

---

---

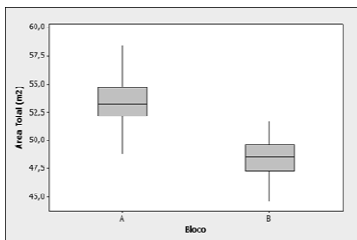
---

---

---

---

- Estratificação com box-plots



---

---

---

---

---

---

---

---

## Diagrama de Dispersão

---

---

---

---

---

---

---

---

## Diagrama de Dispersão

- Maneira simples de visualizar a relação entre duas variáveis quantitativas
- Objetivo:
  - ✓ Ocorrência de tendências (lineares ou não)
  - ✓ Agrupamentos de uma ou mais variáveis
  - ✓ Mudanças de variabilidade de uma variável em relação à outra
  - ✓ Ocorrência de valores atípicos ('outliers')

---

---

---

---

---

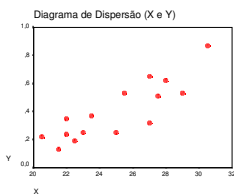
---

---

---

## Exemplo

- Relação entre diâmetro de uma fibra (X) e  $\log_{10}$  da força de rompimento (Y)



- ✓ Indica associação positiva entre as variáveis
- ✓ Relação aproximadamente linear

---

---

---

---

---

---

---

---

### Teste de Significância

- Hipóteses:
  - √  $H_0: \rho = 0$  vs  $H_1: \rho \neq 0$
  - √  $\rho$ : coeficiente correlação linear populacional]
- Pressuposto:
  - √  $(X, Y)$  tem distribuição normal bivariada
- Consequência:
  - √  $H_0: \rho = 0 \rightarrow X$  e  $Y$  independentes

---

---

---

---

---

---

---

---

- Estatística de teste:

$$t_0 = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

√  $t_0 \sim t_{n-2}$

- Saída Minitab:

Correlations: set\_prim; analfab

Pearson correlation of set\_prim and analfab = 0,867  
P-Value = 0,005

---

---

---

---

---

---

---

---

- Correlação significativa indica apenas existência de associação linear entre as variáveis
  - √ NÃO INDICA RELAÇÃO DE CAUSALIDADE

---

---

---

---

---

---

---

---

### Outliers

- Podem oferecer informações importantes sobre o processo
- Possíveis explicações:
  - √ Registros incorretos
  - √ Falhas no sistema de medição

---

---

---

---

---

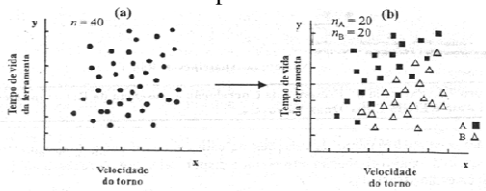
---

---

---

### Estratificação

- Construir diagramas de dispersão nos diferentes níveis de fatores do processo



- √ Pode apontar informações não observadas em diagramas não estratificados

---

---

---

---

---

---

---

---

### Gráfico Sequencial

---

---

---

---

---

---

---

---

### Gráfico Seqüencial

- Gráfico de dados ao longo do tempo;
  - √ Ferramenta de construção e atualização simples;
  - √ Pontos marcados em gráfico à medida de sua disponibilidade;

---

---

---

---

---

---

---

---

### Construção de Gráfico Seqüencial

- Obter dados quantitativos ordenados no tempo;
  - √ Escolher escala da unidade de tempo;
  - √ Escolher escala para os dados quantitativos;
  - √ Quantidade de erros, reclamações, quebras, etc.
- Marcar os pontos e ligá-los através de uma linha

---

---

---

---

---

---

---

---

### Uso

- Monitoramento da média esperada ao longo do tempo;
  - √ Pesquisar tendências, que poderiam indicar presença de causas especiais;
- Utilização comum em ocorrências de:
  - √ Paradas de máquinas;
  - √ Quantidades produzidas;
  - √ Quantidades de refugos
  - √ Outras variáveis no tempo

---

---

---

---

---

---

---

---

- Observa-se o aspecto global do gráfico;
- Indicativo de processo fora de controle:
  - √ Algo diferente de uma nuvem de pontos distribuída ao acaso, em torno de um valor constante e com amplitude aproximadamente constantes;
- Em estado de controle estatístico:
  - √ Todas as causas especiais foram bloqueadas;
  - √ A variabilidade existente deve-se às causas comuns
    - Variação natural do processo

---

---

---

---

---

---

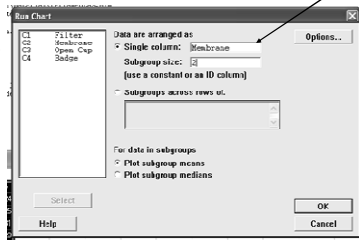
---

---

### Exemplo

- Produção de dispositivos para medir radiação
  - √ Variável: *Filter*
  - √ 20 dispositivos, em grupos de 2
  - √ Planilha: *radon*

Stat > Quality Tools >  
Run Chart →




---

---

---

---

---

---

---

---

### Interpretação Testes para Aleatoriedade

- Se há apenas causas comuns de variação (processo sob controle) os dados exibirão comportamento aleatório:
  - √ Número de rodadas (*runs*) observadas está próximo do número esperado de rodadas;
  - √ Os testes para padrão aleatório são não significativos

---

---

---

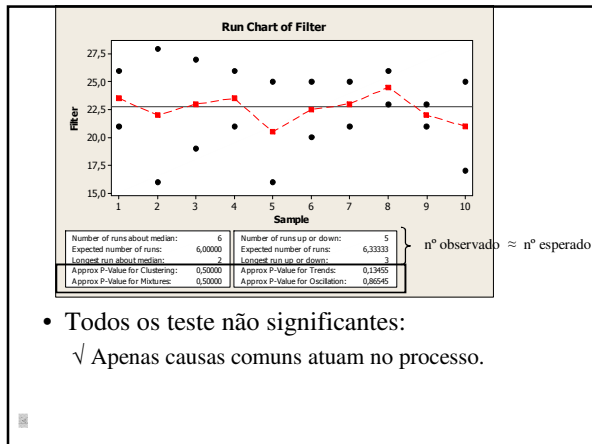
---

---

---

---

---



- Todos os teste não significantes:  
 √ Apenas causas comuns atuam no processo.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Testes de Aleatoriedade

- Rodada (*run*):  
 √ Um ou mais pontos consecutivos do mesmo lado da mediana
- $H_0$ : dados estão em seqüência aleatória vs
- $H_1$ : dados não estão em seqüência aleatória  
 √ Se  $n^\circ$  observado  $>$   $n^\circ$  esperado  $\rightarrow H_1$ : mistura  
 √ Se  $n^\circ$  observado  $<$   $n^\circ$  esperado  $\rightarrow H_1$ : cluster

---

---

---

---

---

---

---

---

### Cluster

- Grupo de pontos em uma área do gráfico  
 √ Indica variação devido a causas especiais  
 √ Sugerem problemas de medição ou de amostragem

---

---

---

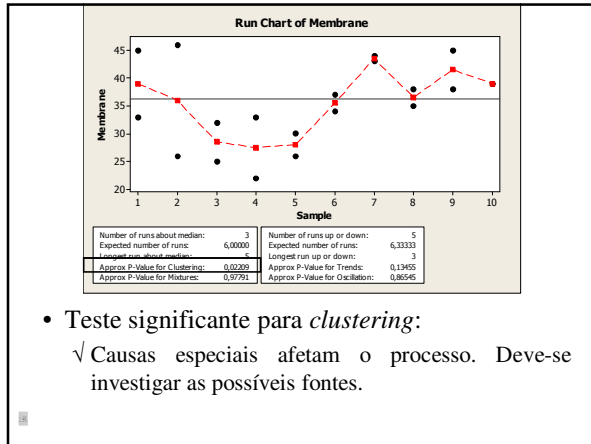
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

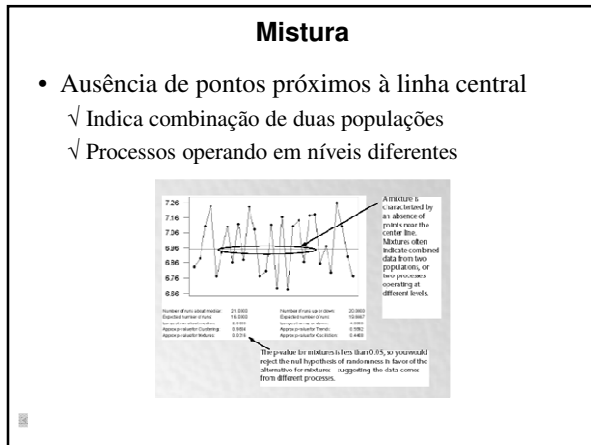
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

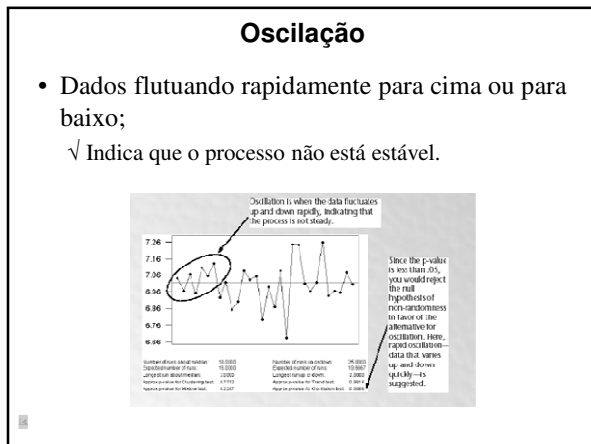
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tendência

- Pontos que movem-se para cima ou para baixo
  - √ Movimentos sustentados por fontes de variação sistemáticas;
  - √ Podem indicar que o processo está se tornando fora de controle
    - Máquina desajustando-se
    - Rotação periódica de operadores

---

---

---

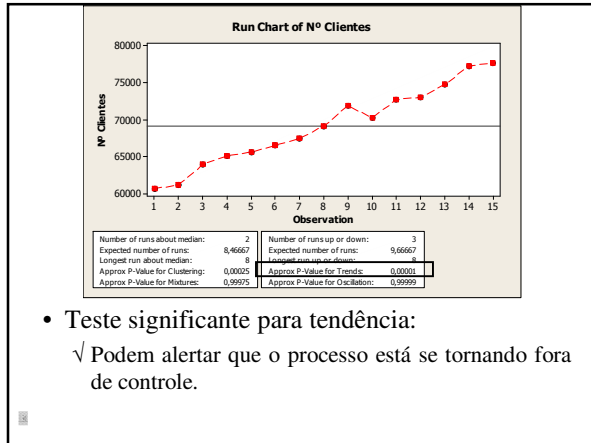
---

---

---

---

---



- Teste significante para tendência:
  - √ Podem alertar que o processo está se tornando fora de controle.

---

---

---

---

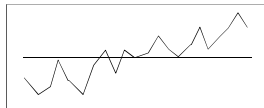
---

---

---

---

- Tendência ascendente ou descendente:



- Possíveis causas especiais:
  - √ Desgaste de ferramentas ou matrizes de uso contínuo;
  - √ Mudança gradual de condições ambientais:
    - Temperatura, umidade, etc.
  - √ Mudança gradual em parâmetros do processo;
  - √ Deterioração gradual de equipamentos

---

---

---

---

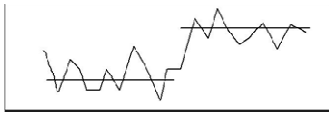
---

---

---

---

- Mudança brusca (salto) no nível médio da característica de qualidade:



- Possíveis causas especiais:
  - √ Mudança nas condições operacionais do processo;
  - √ Uso de matéria-prima diferente
  - √ Utilização de métodos diferentes.

---

---

---

---

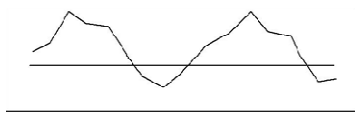
---

---

---

---

- Variações periódicas formando ciclos que se repetem:



- Possíveis causas especiais:
  - √ Alteração sazonal na matéria-prima;
  - √ Ocorrência de eventos periódicos:
    - Ambientais, físicos, químicos, etc.

---

---

---

---

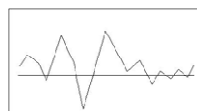
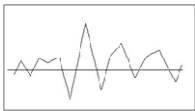
---

---

---

---

- Alteração brusca na amplitude de variação:



- Possíveis causas especiais:
  - √ Aumento na amplitude:
    - Operador inexperiente;
    - Matéria-prima com maior variação
  - √ Diminuição na amplitude:
    - Operador mais experiente;
    - Matéria-prima mais homogênea

---

---

---

---

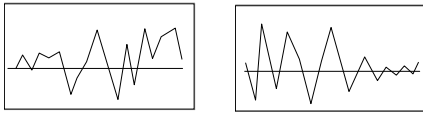
---

---

---

---

- Alteração gradual na amplitude de variação:



- Possíveis causas especiais:

√ Aumento na amplitude:

- Diminuição habilidade operador (fadiga, etc.)
- Matéria-prima de pior qualidade
- Ausência de método de manutenção de qualidade;

√ Diminuição na amplitude:

- Situações opostas.

---

---

---

---

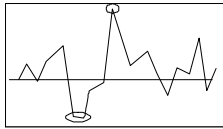
---

---

---

---

- Pontos outliers:



- Possíveis causas especiais:

- √ Erros de cálculo, de medição, de transcrição de dados;
- √ Instrumentos de medição descalibrados;
- √ Descontrole temporário dos parâmetros do processo;
- √ Defeito repentino nos equipamentos (correção imediata)
- √ Amostras coletadas de processos diferentes (mistura de dados).

---

---

---

---

---

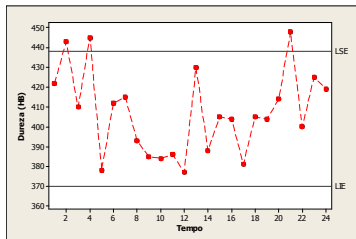
---

---

---

### Exemplo – Estratificação

- Medidas de dureza de molas de aço:



- 3 medidas acima do LSE, indicativo de problema no processo de produção

---

---

---

---

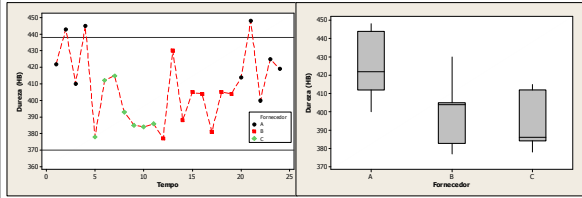
---

---

---

---

- Gráfico estratificado por fornecedor:



√ Todas as medidas acima do LSE correspondem ao fornecedor A

---

---

---

---

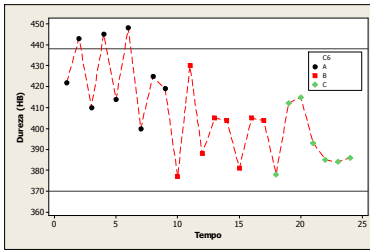
---

---

---

---

- Ordenando por fornecedor




---

---

---

---

---

---

---

---

Referências

---

---

---

---

---

---

---

---

**Bibliografia Recomendada**

- Minitab Corp. (meio eletrônico)  
*Meet Minitab para Windows – Versão 15.*
- Montgomery, D. C. (LTC)  
*Introdução ao Controle Estatístico da  
Qualidade*
- Werkema, M. C. C. (QFCO)  
*Ferramentas Estatísticas para o Gerenciamento  
de Processos*



---

---

---

---

---

---

---

---