

Ferramentas da Qualidade

Roteiro

1. Estratificação
2. Folha de Verificação
3. Gráfico de Pareto
4. Gráfico Seqüencial
5. Diagrama de Causa-e-efeito
6. Fluxograma
7. Gráfico de Controle
8. Referências



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.



Estratificação

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?



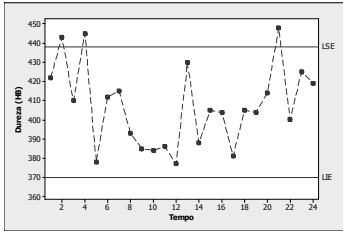
Tipos de Estratificação

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



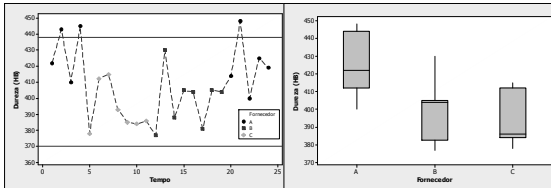
Exemplo

- Medidas de dureza de molas de aço:



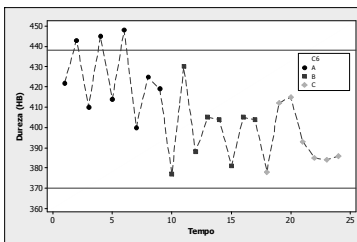
- 3 medidas acima do LSE, indicativo de problema no processo de produção

- Gráfico estratificado por fornecedor:



- Todas as medidas acima do LSE correspondem ao fornecedor A

- Ordenando por fornecedor



Folha de Verificação

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;
- Dispor 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 frequência 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 |

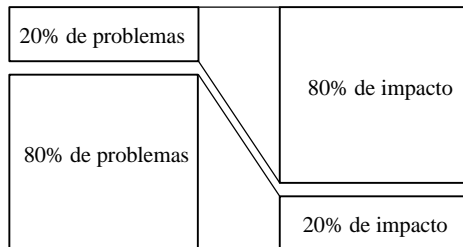
Exemplo

- 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

Diagrama de Pareto

Princípio de Pareto

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



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



Diagrama de Pareto

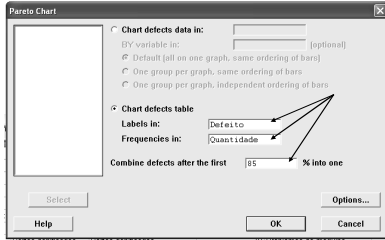
- Identifica-se rapidamente os defeitos que ocorrem com maior frequência
- Os defeitos mais frequentes não são necessariamente os defeitos mais importantes.



Exemplo

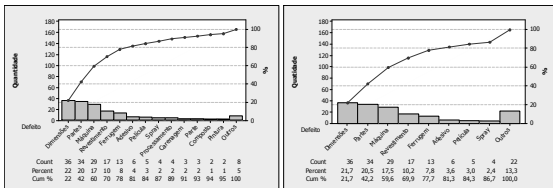
- Defeitos em tanques

Stat > Quality Tools > Pareto chart →



Exemplo

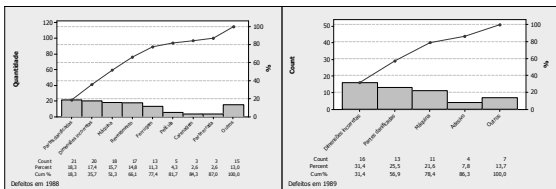
- Gráfico Pareto



Outros: 95%

Outros: 85%

- Estratificando por ano



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 uma 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

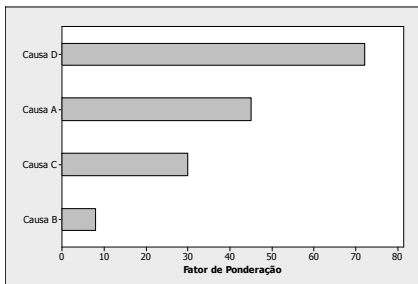
- Probabilidade de ser a principal causa do problema:
 - √ 1,0 : muito provável
 - √ 0,5: moderadamente provável
 - √ 0,1: pouco provável
- Facilidade de atuação:
 - √ 1: difícil de atuar
 - √ 50: dificuldade de atuação moderada
 - √ 100: fácil de atuar



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=freqüência 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

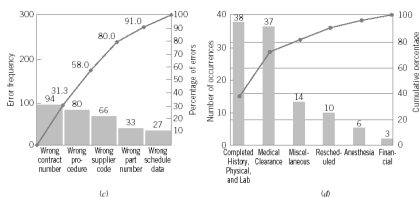


Figure 4-18 Various examples of Pareto charts.



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



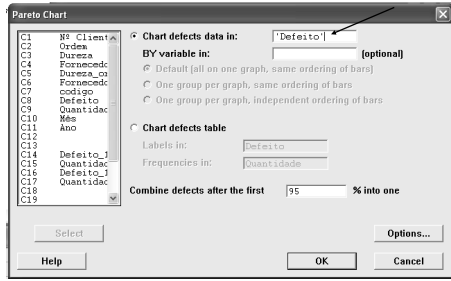
Exercício

- 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*



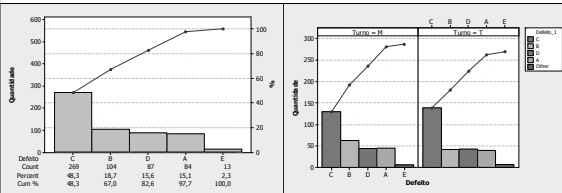
• Comandos Minitab

Stat > Quality Tools > Pareto Chart →



• Gráfico global

• Estratificação: turno



• Estratificação: operador

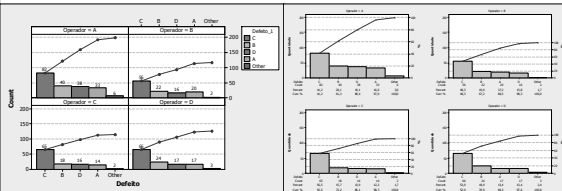


Gráfico Seqüencial

Gráfico Seqüencial

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



Exemplo

Exemplo e comandos minitab



Construção de Gráfico Sequencial

- 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 poderia indicar presença de causas especiais;
- Utilização comum em ocorrências de:
 - √ Paradas de máquinas;
 - √ Quantidades produzidas;
 - √ Quantidades de refugos
 - √ Outras variáveis no tempo



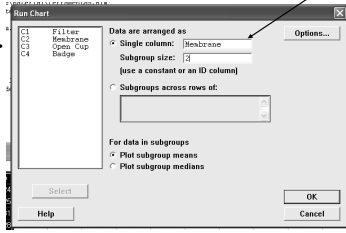
- Observa-se o aspecto global do gráfico;
- Indicativo de processo fora de controle:
 - √ Algo diferente de uma nuvem de pontos distribuída ao acaso, em torno de um valor constante e com amplitude aproximadamente constantes;
- Em estado de controle estatístico:
 - √ Todas as causas especiais foram bloqueadas;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



Exemplo

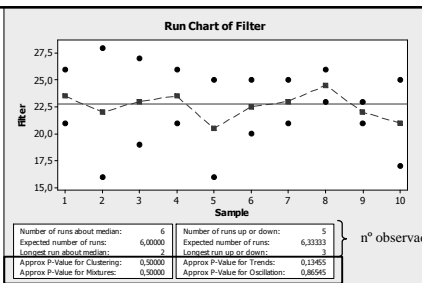
- Produção de dispositivos para medir radiação
 - √ Variável: *Filter*
 - √ 20 dispositivos, em grupos de 2
 - √ Planilha: *radon*

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



n° observado ~ n° esperado

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

Testes de Aleatoriedade

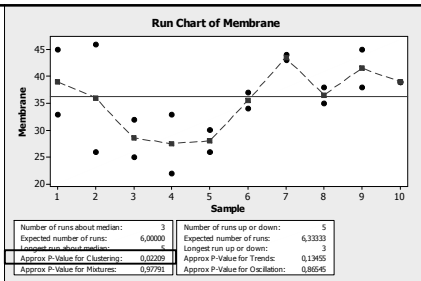
- Rodada (*run*):
 - √ Um ou mais pontos consecutivos do mesmo lado da mediana
- H_0 : dados estão em seqüência aleatória vs
 - H_1 : dados não estão em seqüência aleatória
 - √ Se n° observado $>$ n° esperado $\rightarrow H_1$: mistura
 - √ Se n° observado $<$ n° esperado $\rightarrow H_1$: cluster



Cluster

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



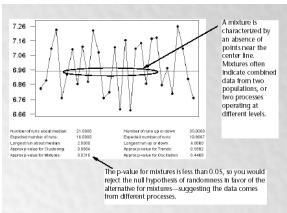


- Teste significante para *clustering*:
 - √ Causas especiais afetam o processo. Deve-se investigar as possíveis fontes.



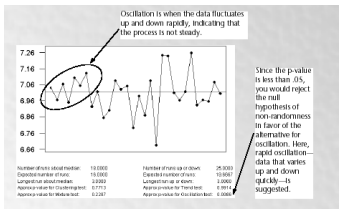
Mistura

- Ausência de pontos próximos à linha central
 - √ Indica combinação de duas populações
 - √ Processos operando em níveis diferentes



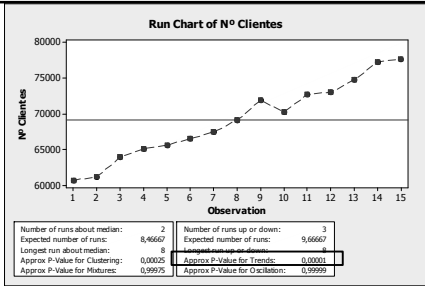
Oscilação

- Dados fluindo rapidamente para cima ou para baixo;
 - √ Indica que o processo não está estável.



Tendência

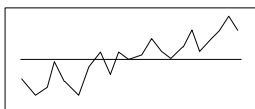
- Pontos que movem-se para cima ou para baixo
 - √ Movimentos sustentados por fontes de variação sistemáticas;
 - √ Podem indicar que o processo está se tornando fora de controle
 - Máquina desajustando-se
 - Rotação periódica de operadores



- Teste significativo 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

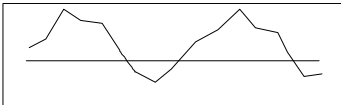
- Mudança brusca (salto) no nível médio da característica de qualidade:



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

☐

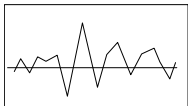
- Variações periódicas formando ciclos que se repetem:



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

☐

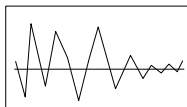
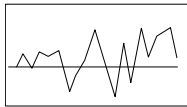
- Alteração brusca na amplitude de variação:



- 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:

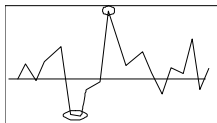
- Diminuição habilidade operador (fadiga, etc.)
- Matéria-prima de pior qualidade
- Ausência de método de manutenção de qualidade;

√ 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).



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



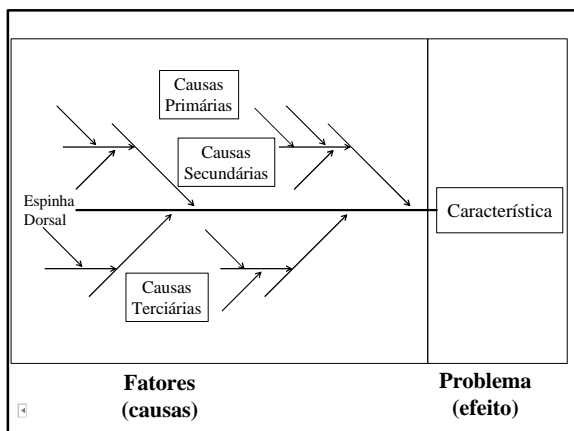
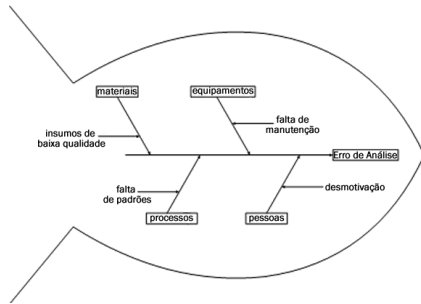


Diagrama de Ishikawa



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)

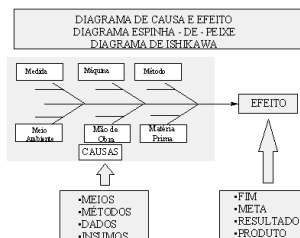


Detalhamento

- Método:
 - √ Instrução
 - √ Procedimento
- Mão-de-obra:
 - √ Físico;
 - √ Mental.
- Material:
 - √ Fornecedor;
 - √ Próprio.
- Máquina:
 - √ Deterioração
 - √ Manutenção
- Meio Ambiente:
 - √ Intempéries;
 - √ Clima.
- Medida:
 - √ Instrumento;
 - √ Inspeção.



Diagrama de Causa-e-efeito

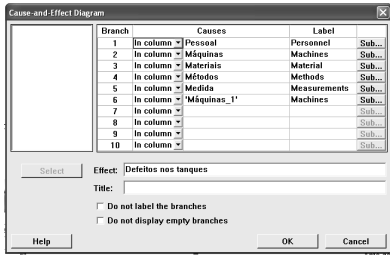


- Em áreas administrativas, mais adequado:
 - √ Políticas;
 - √ Procedimento;
 - √ Pessoal;
 - √ Planta (*layout*).
- } 4 P
- 6M e 4P são apenas sugestões;
 - Deve-se usar qualquer classificação que auxilie as pessoas a pensarem criativamente.

Exemplo

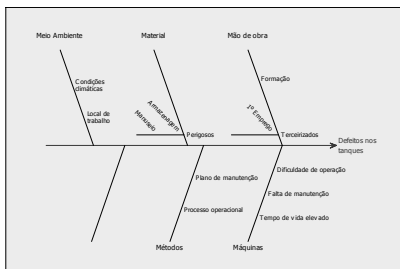
- Causas dos defeitos em tanques
 - √ Planilha: *causa-e-efeito*

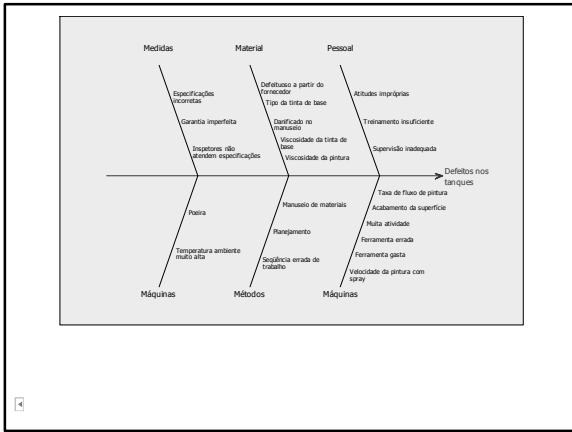
Stat > Quality Tools > Cause-and-effect →

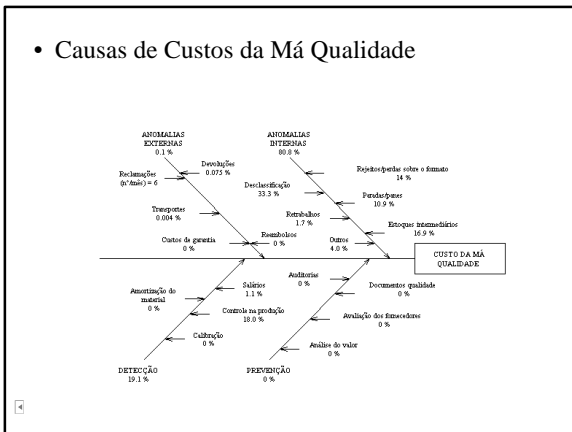


Exemplo

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







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



Fluxograma

Gráfico de Controle

Razões para Uso

- São uma técnica comprovada para melhoria da produtividade;
- São eficazes na prevenção de defeitos;
- Evitam o desajuste desnecessário do processo;
- Fornecem informação de diagnóstico;
- Fornecem informação sobre a capacidade do processo;



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