

Ferramentas da Qualidade

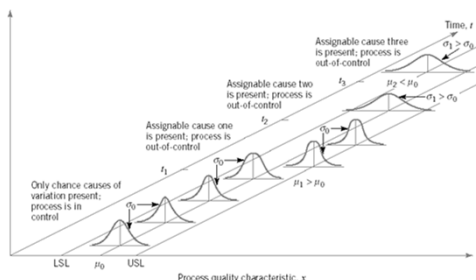
Roteiro

1. Conceitos Básicos
2. Folha de Verificação
3. Gráfico de Pareto
4. Diagrama de Causa-e-efeito
5. Histograma
6. Diagrama de Dispersão
7. 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)

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	$\frac{\text{Qte. Semanal de RC's atendidas}}{\text{Qte. semanal de RC's recebidas}}$
Custo operacional baixo	Custo operacional por RC atendida	$\frac{\text{Custo operacional mensal}}{\text{Qte. mensal de RC's atendidas}}$
Estar satisfeito com o trabalho	Índice de faltas	$\frac{\text{Qte. mensal faltas não justificadas}}{\text{Qte. mensal de faltas por setor}}$
Item comprado pelo menor preço	Índice de preço	$\frac{\text{Total mensal dos preços pagos}}{\text{Total mensal dos preços médios de mercado}}$

Brainstorm

Técnicas de Condução de Grupos

- Brainstorming
- Brainwriting
- Administração de conflitos
- Consenso
- Condução de reuniões



Geração de Idéias

- BRAINSTORMING:
 - √ Quantidade é qualidade
 - √ Suspensão de julgamento
 - √ Roda livre
- BRAINWRITING:
 - √ Idéias escritas
 - √ Roda livre



Exercício

- Fabricação de placa de vidro temperado fumê
 - √ Estabelecer itens de controle e itens de verificação de processo produtivo



Integração Ferramentas da Qualidade e PDCA

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

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

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.

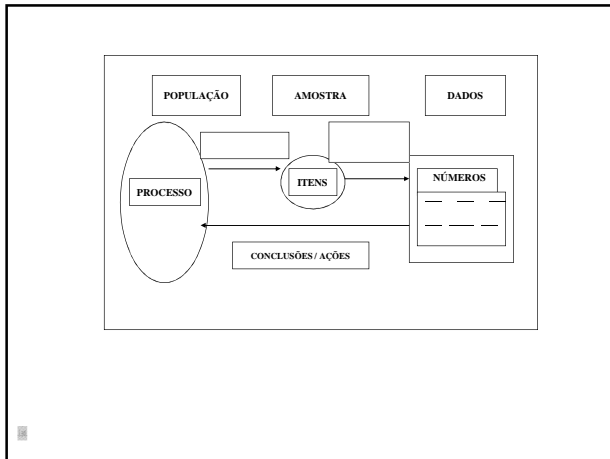


Folha de Verificação

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;
- 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

Especificação	Desvio	Verificações										Frequência	
		5	10	15	20								
8.300	-7												
	-6												
	-5												
	-4	X											1
	-3	X	X										2
	-2	X	X	X	X	X							5
	-1	X	X	X	X	X	X	X					8
	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X			11
	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		8
	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		7
	3	X	X	X									3
	4	X	X										2
5	X											1	
6													
7													
Total											51		

- Para classificação de defeito:
 - √ Permite análise da frequência de cada tipo de defeito;
 - √ Possibilita estratificação dos dados.

Componente: Conjunto ABC		Seção: Linha de montagem			
Processo de trabalho: montagem		Data da produção: 30/03/05			
Quantidade produzida: 1.000 peças		Inspetor:			
Tipo de defeito	Tabulação	Frequência do item	Class	% individual	% acumulada
Alinhamento		12	6º	06%	
Solda		21	4º	10%	
Parafuso solto		68	1º	34%	
Junção		15	5º	07%	
Sujeira		41	2º	20%	
Riscos		29	3º	14%	
Trinca		10	7º	05%	
Rebarba		05	8º	03%	
Bolha		01	9º	01%	
Totais		202	-	100%	

- Para localização de defeitos:

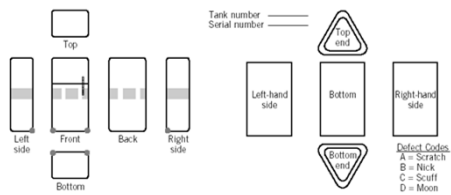


Figure 4-20 Surface-finish defects on a refrigerator. Figure 4-21 Defect concentration diagram for the tank.

- ✓ Também denominado diagrama de concentração de defeitos (*Montgomery*).

- ✓ 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

CHECK SHEET DEFECT DATA FOR 2002-2003 YTD																			
Part No: TAX-41																			
Location: Bellevue																			
Study Date: 6/5/03																			
Analyst: TCB																			
	2002												2003	Total					
Defect	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5		
Parts damaged	1	3	1	2				1	10	3			2	2	7	2		34	
Machining problems	3	3						1	8	3			8	3				28	
Supplied parts missing	1	1	2	9														13	
Machining insufficient	3	6	4	3	1													17	
Misaligned weld	2																	2	
Processing out of order	2												2					4	
Wrong part issued	1						2											3	
Unfinished ferrite	3																	3	
Adhesive failure		1						1					2	1	1			6	
Powdery alumine			1															1	
Paint out of limits			1										1					2	
Paint damaged by etching		1																1	
Film on parts			3	1	1													5	
Primer cans damaged								1										1	
Voids in casting								1	1									2	
Delaminated composite								2										2	
Incorrect dimensions									13	7	13	1	1	1	1			30	
Improper test procedure								1										1	
Substrate failure													4	2				4	
TOTAL	4	5	14	12	5	9	9	6	10	14	20	7	29	7	7	6	2		166

Figure 4-16 A check sheet to record defects on a tank used in an aerospace application.

Planejamento

- Definir objetivo da coleta de dados;
- Determinar o tipo a ser usado;
- Incluir campos para registro de:
 - √ nomes dos departamentos envolvidos;
 - √ pessoas responsáveis pelo preenchimento (*QUEM*)
 - √ Origem dos dados (turno, data coleta, instrumento de medida, etc).
- Instruções simplificadas para preenchimento

Planejamento

- Conscientização das pessoas envolvidas (*PORQUE*)
- Certificar-se que todos os fatores de estratificação de interesse tenham sido incluídos:
 - √ Máquinas,
 - √ Operadores
 - √ Turnos;
 - √ Matérias-primas;
 - √ Etc.
- Validar o formato e o planejamento (rodada de teste)

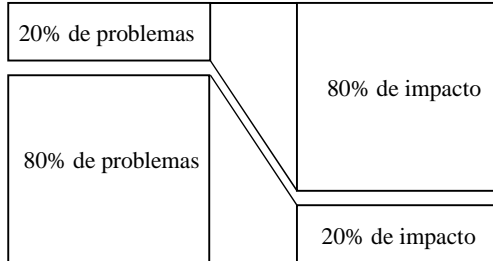


Atividade 03

Gráfico 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

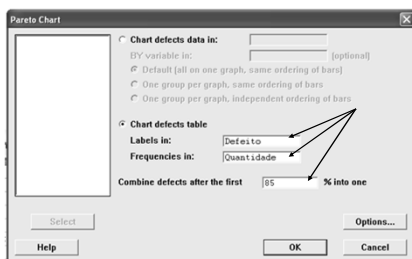
- Distribuição de freqüências de dados organizados por categorias:
 - √ Marca-se a freqüência total de ocorrência de cada defeito vs. o tipo de defeito
 - √ Uma escala para freqüência absoluta e outra para freqüência relativa acumulada.

Diagrama de Pareto

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

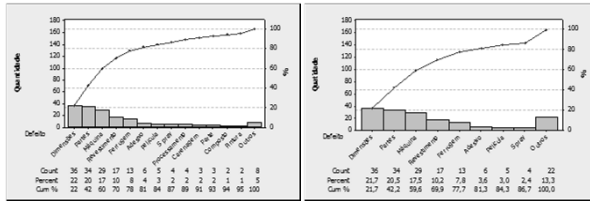
Exemplo

- Defeitos em tanques (guia: *tanques*)
Stat > Quality Tools > Pareto chart →



Exemplo

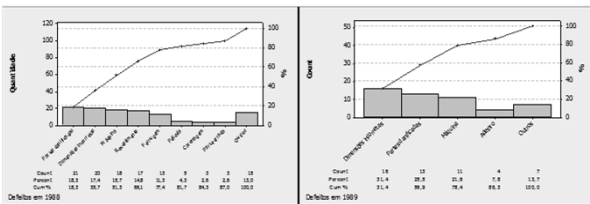
- Gráfico Pareto



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

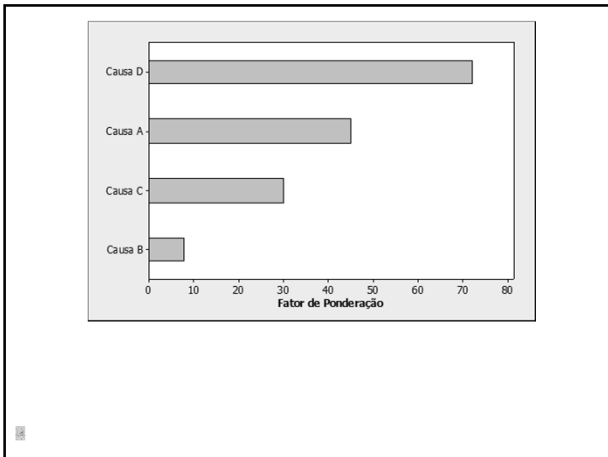


Gráfico de Pareto Ponderado – Defeitos

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

Outros Critérios

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

• Método REI

Resultado (R)	Equilibridade (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:	Fácil de ser implantada:	Baixo custo de implantação:	
Peso: 5	Peso: 5	Peso: 5	
Elimina parcialmente:	Dificuldade intermediária:	Custo intermediário:	
Peso: 3	Peso: 3	Peso: 3	
Elimina totalmente:	Difícil de ser implantada:	Alto custo de implantação:	
Peso: 1	Peso: 1	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:	Imediata	Situação deteriorará:	
Peso: 5	Peso: 5	Peso: 5	
Moderadamente importante:	A médio prazo	Situação estável:	
Peso: 3	Peso: 3	Peso: 3	
Pouco importante:	Pode ser adiada	Situação melhorará:	
Peso: 1	Peso: 1	Peso: 1	

Aplicações Não-industriais

- Muito utilizado em métodos de melhoria de qualidade

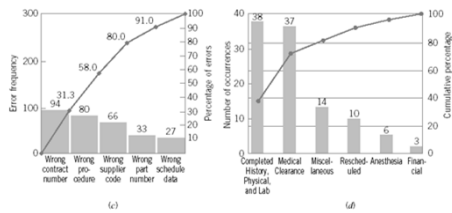


Figure 4-18 Various examples of Pareto charts.

Comentários

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

Comentários

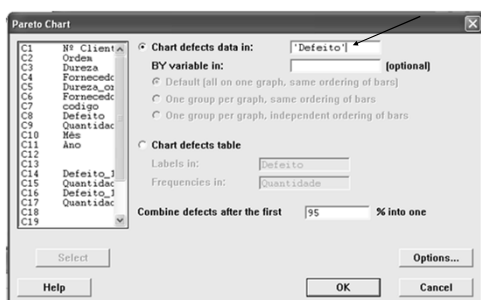
- Comparação dos gráficos de Pareto “antes” e “depois” permitem avaliar o impacto de mudanças efetuadas no processo.
- Nem sempre eventos mais frequentes ou de maior custo são os mais importantes.
 - √ Ex. Um acidente fatal vs. 100 cortes nos dedos

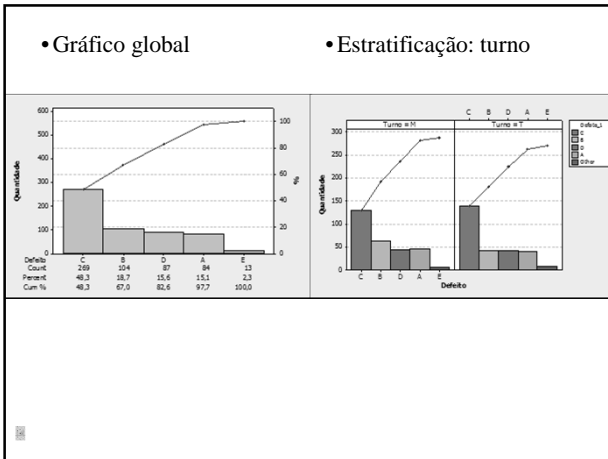
Exercício

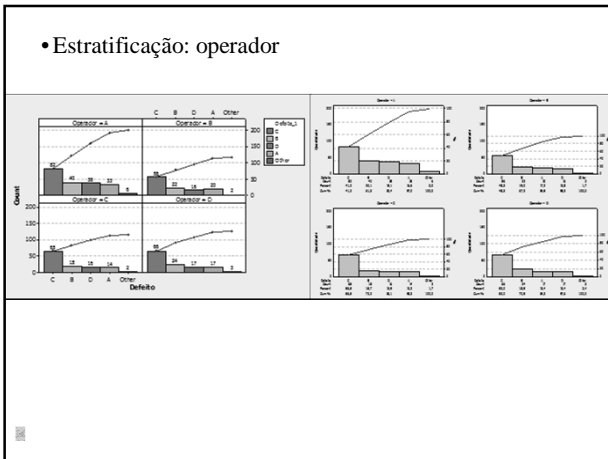
- Análise do processo de preenchimento de apólices de seguro:
 - √ 2 modelos diferentes de formulário
 - √ 4 operadores trabalharam no preenchimento
 - √ 5 tipos de problemas com os formulários
- Pede-se:
 - √ Identificar os problemas vitais e triviais
 - √ Considerar estratificação na análise
- Banco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

- Comandos Minitab

Stat > Quality Tools > Pareto Chart →







Atividade 04

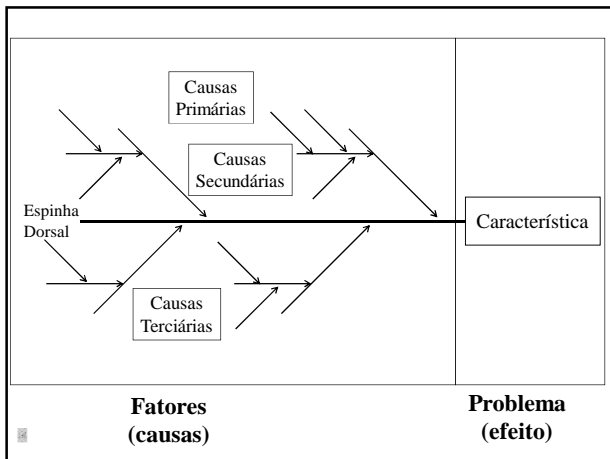
Diagrama de Causa-e-efeito

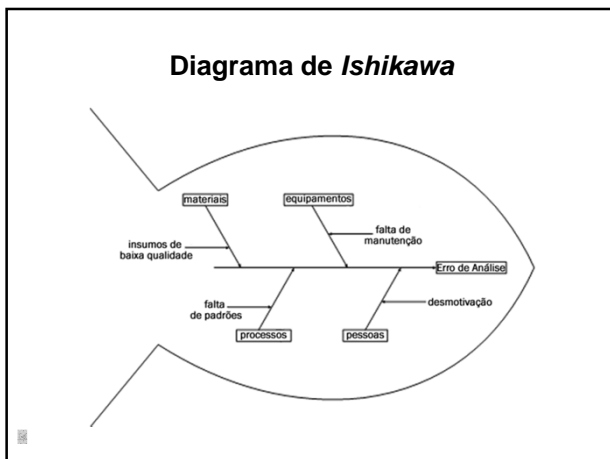
Diagrama de Causa-e-efeito

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

Diagrama de Causa-e-efeito

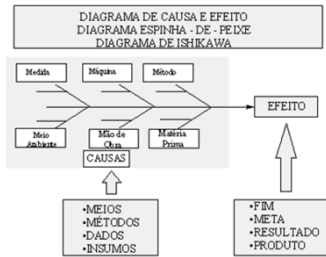
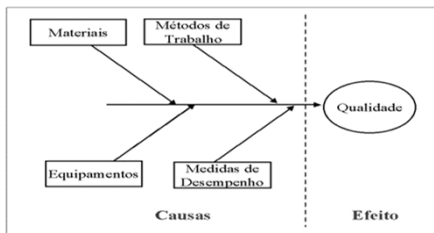


Diagrama de Causa-e-Efeito – Diagrama



Exemplo – Produto



- 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.

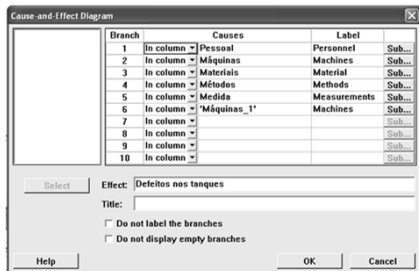
Exemplo – Serviço



Exemplo

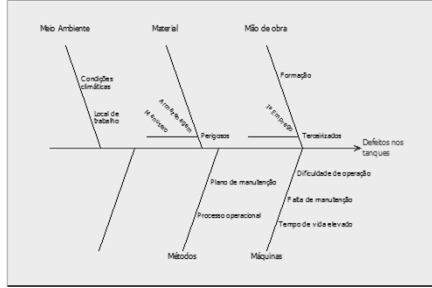
- Causas dos defeitos em tanques
 - √ Planilha: *causa-e-efeito*

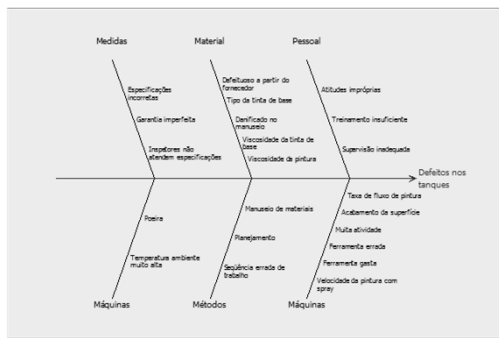
Stat > Quality Tools > Cause-and-effect →



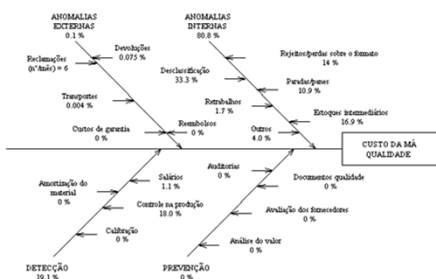
Exemplo

- 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);

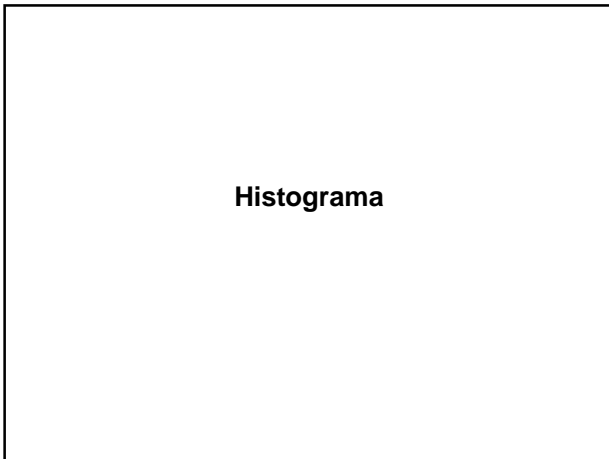


Comentários

- 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



Atividade 05



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:

Localização

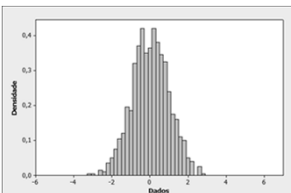
Histograma

- 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

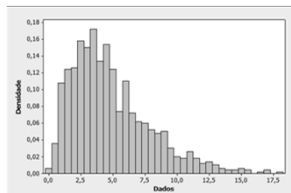
Tipos de Histograma

Simétrico



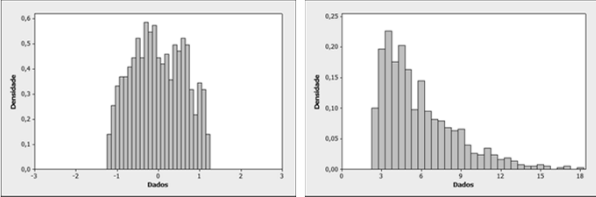
- ✓ Variável contínua s/ restrições
- ✓ Processo usualmente estável

Assimétrico



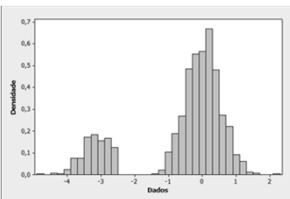
- ✓ Valor médio fora do centro
- ✓ Variável com limite de variação

• “Despenhadeiro”:



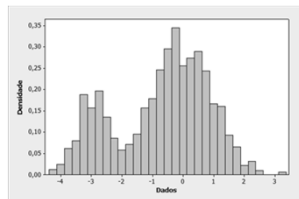
- ✓ Processo não atende especificações com descarte de defeituosos
- ✓ Assimetrias acentuadas

• “Ilhas isoladas”:



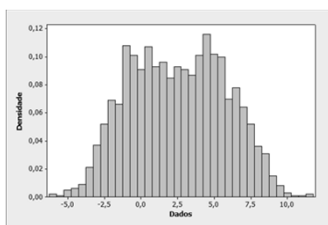
- ✓ Processo apresenta alguma irregularidade
- ✓ Erros de medida ou de registro dos dados

• Bimodal



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

• Achatado

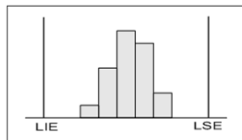


- ✓ Dados misturados de duas distribuições com médias não muito diferentes

Histogramas vs. Limites de Especificação

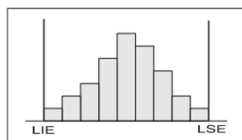
- Responde as seguintes questões:
 - ✓ O processo é capaz de atender às especificações?
 - ✓ O processo está centrado?
 - ✓ São necessárias medidas para reduzir variabilidade?

• Caso A:



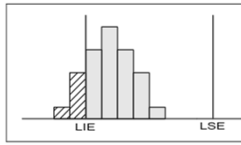
- ✓ Dentro dos limites de especificação
- ✓ Atende faixa de tolerância com folga
- ✓ Processo centrado
- ✓ Variabilidade aceitável

• Caso B:



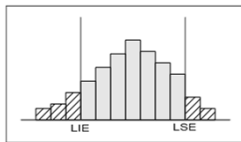
- ✓ Dentro dos limites de especificação
- ✓ Não atende com folga a faixa de tolerância
- ✓ Processo centrado
- ✓ Variabilidade elevada
 - Adotar medidas para diminuir variabilidade

• Caso C:



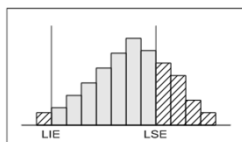
- ✓ Não atende aos limites de especificação
 - Desajuste na média
- ✓ Processo deslocado
 - Adotar medidas para ajustar (valor nominal)
- ✓ Variabilidade aceitável

• 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

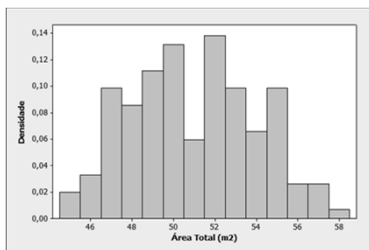
- Tempo:
 - √ Os resultados relacionados com o problema são diferentes de manhã, à tarde ou à noite?
- Local:
 - √ Os resultados são diferentes nas diferentes linhas de produção?
- Indivíduos:
 - √ Os resultados são diferentes dependendo do operador do processo?

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?

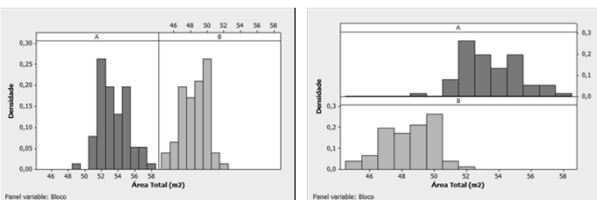
Exemplo

- Área construída de apartamentos em 2 blocos



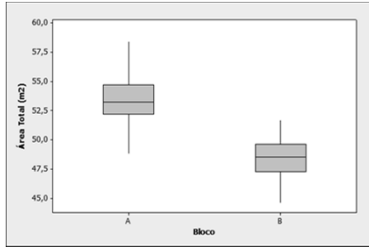
√ Aparenta ser bimodal

- Estratificação:



- √ Comparação com mesmas escalas e larguras de classe
- √ Histogramas de densidade

- Estratificação com box-plots



Atividade 06

Diagrama de Dispersão

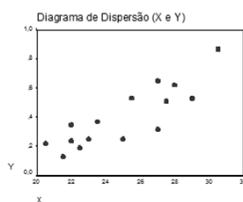
Diagrama de Dispersão

- 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')

- Visualização da relação entre:
 - ✓ Duas causas de um processo
 - ✓ Uma causa e um efeito
 - ✓ Dois efeitos

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

Coefficiente de Correlação de Pearson

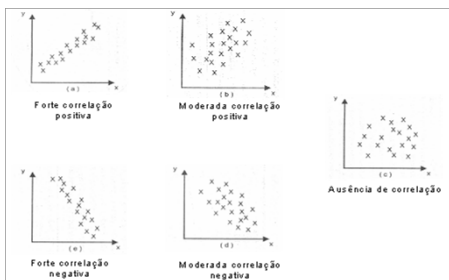
$$r = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_{XX}S_{YY}}}$$

- Mede o grau de associação linear entre duas variáveis
- Assume valores entre -1 e 1

Correlação

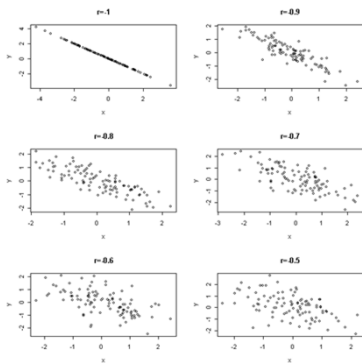
- Correlação Linear Positiva:
√ Se ambas as variáveis crescem no mesmo sentido
- Correlação Linear Negativa:
√ Se as variáveis crescem em sentidos opostos

- Possíveis Padrões para Diagramas de Dispersão

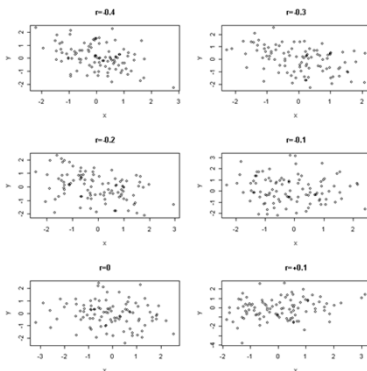


√ correlação → associação linear

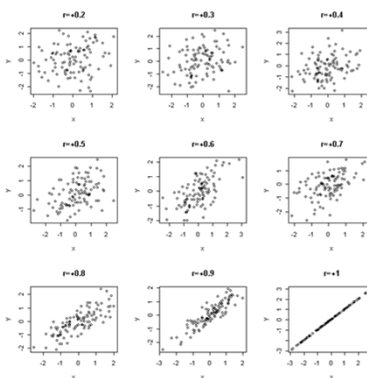
Diagramas de Dispersão (1)



Diagramas de Dispersão (2)



Diagramas de Dispersão (3)



Teste de Significância

- Hipóteses:
√ $H_0: \rho = 0$ vs $H_1: \rho \neq 0$
√ ρ : 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:

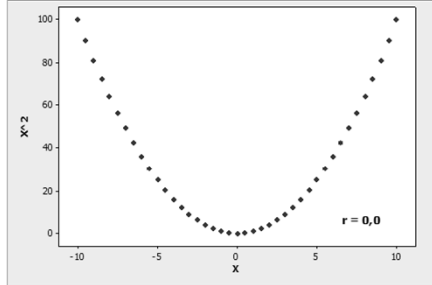
Correlations: set_prim; analfab

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

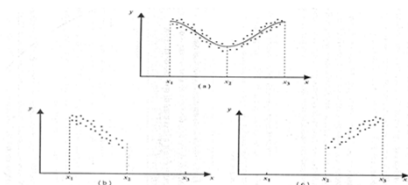
- Correlação significativa indica existência de associação LINEAR entre as variáveis



Outliers

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

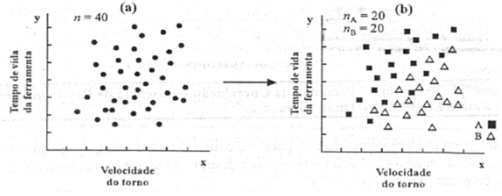
Intervalos de Variação



- Verificar intervalos de variação maior que a faixa usual do processo
 - √ Os resultados podem não ser os mesmos para diferentes intervalos

Estratificação

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



√ Pode apontar informações não observadas em diagramas não estratificados

Atividade 07

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*