



SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA DO IPEN

Treinamento

MÓDULO: Ferramentas e Técnicas da Qualidade



Manual do Participante

Iniciativa: CQAS – Coordenação da Qualidade, Meio Ambiente e Segurança

Organização: AZ Treinamento Empresarial Ltda.
Guilherme Carneiro Longo

CONTEÚDO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	OBJETIVOS	1
1.2.	O TRIÂNGULO DE JOINER - PRINCÍPIOS DA GESTÃO DA QUALIDADE	1
1.2.1.	Foco no Cliente e demais Partes Interessadas.....	1
1.2.2.	Abordagem Científica	1
1.2.3.	Trabalho em Equipe	1
1.3.	FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE.....	2
2.	DESCREVENDO E APLICANDO AS FERRAMENTAS DA QUALIDADE	3
2.1.	CONCEITOS CHAVE.....	3
2.1.1.	Considerações.....	3
2.1.2.	Ferramentas para Dados Não-Numéricos	3
2.1.3.	Ferramentas para os Dados Numéricos	3
2.1.4.	Aplicação de Ferramentas e Técnicas da Qualidade.....	3
3.	FERRAMENTAS E TÉCNICAS AUXILIARES	4
3.1.	FOLHA DE VERIFICAÇÃO	4
3.2.	BENCHMARKING	4
3.3.	BRAINSTORMING	5
3.4.	GRÁFICOS.....	5
3.5.	ESTRATIFICAÇÃO	6
3.6.	5W + 1H e 5W + 2H	7
3.7.	5 Porques (Por quê?)	7
4.	FERRAMENTAS E TÉCNICAS PARA DADOS NÃO NUMÉRICOS	8
4.1.	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	8
4.2.	DIAGRAMA DE FLUXO	9
5.	FERRAMENTAS E TÉCNICAS PARA DADOS NUMÉRICOS	10
5.1.	CARTA OU GRÁFICO DE CONTROLE	10
5.2.	HISTOGRAMA	11
5.3.	DIAGRAMA DE PARETO	13
5.4.	DIAGRAMA DE DISPERSÃO	14
6.	BIBLIOGRAFIA	16

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVOS

Este MANUAL tem por objetivo apresentar técnicas e ferramentas estatísticas que podem ser utilizadas no planejamento e controle de processos e análise e solução de problemas para o Sistema de Gestão Integrada do **ipen**. Neste Manual, cada ferramenta ou técnica é apresentada na seguinte forma:

O que é: Breve descrição sobre a ferramenta ou técnica.

Quando Aplicar: O uso da ferramenta ou técnica na melhoria da qualidade.

Método: O procedimento passo a passo para a utilização da ferramenta ou técnica.

Exemplo: Um exemplo da utilização da ferramenta ou técnica.

1.2. O TRIÂNGULO DE JOINER - PRINCÍPIOS DA GESTÃO DA QUALIDADE

A Qualidade, numa perspectiva atual, está alicerçada em 3 aspectos básicos aos quais chamamos de Triângulo de Joiner.

O triângulo simboliza as relações que devem existir entre Qualidade, abordagem científica e espírito de equipe, para que uma organização tenha êxito.

Quando funcionam juntos estes três elementos são extremamente estáveis e poderosos. Quando falta pelo menos um, o resultado é desastroso, comparável a uma banqueta de três pés ao faltar um dos pés.



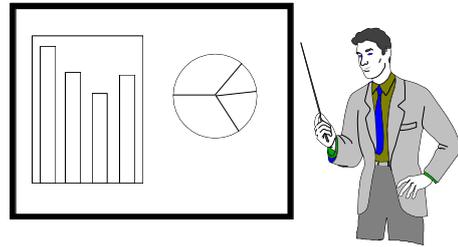
1.2.1. Foco no Cliente e demais Partes Interessadas

Orientar a construção e desenvolvimento de todos os Sistemas Gerenciais para a satisfação do Cliente Final e demais Partes Interessadas.



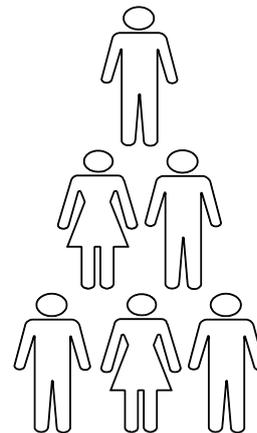
- Estamos fazendo as coisas corretamente?
- Qual é a eficiência de nossos processos ?
- São bem planejados e fornecidos os serviços a nossos cliente?
- Estamos fazendo as coisas certas?
- Estamos agradando aos clientes?

1.2.2. Abordagem Científica



- Tome decisões baseadas em dados em vez de palpites
- Procure as causas básicas dos problemas em vez de reagir a sintomas superficiais
- Busque soluções permanentes em vez de confiar em correções temporárias de emergência

1.2.3. Trabalho em Equipe



- O trabalho em equipe é saudável para a organização; estimulante para as pessoas e produz soluções eficazes e permanentes.
- Um grupo de pessoas reúne as habilidades, conhecimentos, talentos e experiências necessárias para a compreensão sobre tudo o que está envolvido num processo.

Com isto introduz-se a Gestão da Qualidade, onde o uso de um enfoque científico torna-se um procedimento padrão. Aplicar ferramentas e técnicas da qualidade, por mais simples que sejam, passa a ser uma obrigação igual aquela do gerenciamento diário. Dá-se atenção ao método, à mudança de atitudes, crenças e valores, à educação e busca contínua do auto desenvolvimento, tanto quanto ao resultado. Todos na empresa aprendem a usar - além de uma abordagem científica para resolver problemas e efetuar melhorias - o mais avançado de todos os computadores jamais imaginado - o cérebro. Com cada melhoria, os processos e sistemas funcionam cada vez melhor. A produtividade aumenta à medida que o desperdício diminui. Os clientes obtêm produtos ou serviços de valor cada vez

maior a custos cada vez menores. Os funcionários são incentivados a uma busca contínua do auto desenvolvimento e qualidade pessoal. Para atender às necessidades de planejamento e controle, sem pretender esgotar o assunto, apresenta-se neste Manual algumas ferramentas e técnicas básicas para a Qualidade e Melhoria Contínua, que melhor se adaptam as necessidades dos Centros de Pesquisa do *ipen*.

Outras ferramentas e técnicas poderão ser verificadas na Bibliografia.

1.3. FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE

Na opinião de Kaoru Ishikawa 95% dos problemas da qualidade podem ser resolvidos com as chamadas “7 ferramentas básicas da qualidade”, sendo importante ter o conhecimento destas técnicas, que devem ser conhecidas e aplicadas rotineiramente por todos.

Em linhas gerais, as ferramentas básicas para melhorias em qualidade são:

FOLHA DE VERIFICAÇÃO

Os dados devem traduzir os fatos e devem ser a base da discussão e das ações de projetos de melhoria. Isto mostra a importância de se planejar muito bem o tipo de formulário que deverá ser usado para coletar os dados, o qual deve ser adaptado a cada situação. Existem, porém, alguns tipos básicos de formulários, que podem ser úteis em muitos casos: *check-sheet*, *data sheet* e *checklist*.

DIAGRAMA CAUSA E EFEITO

Técnica criada por Ishikawa em 1943, também conhecida por vários outros nomes: diagrama de Ishikawa, diagrama espinha de peixe, diagrama 4M, diagrama 5M, sendo uma ferramenta de valor indispensável, pois permite conhecer os problemas cada vez mais a fundo. Pode ser facilmente aprendida e imediatamente posta em prática por pessoas de qualquer nível dentro da empresa. Embora possa ser utilizada individualmente, a principal qualidade do diagrama de Ishikawa é sua capacidade de “focalizar” a discussão em grupo, estimulando a participação de todos e direcionando o conhecimento de cada pessoa no sentido de identificar as causas ou os fatores responsáveis por um dado problema ou situação (efeito). Permite, assim, a organização das idéias e sua visualização agrupada destacando as áreas mais significativas. Existem três tipos de diagrama causa-e-efeito, definidos por Ishikawa: análise de dispersão, classificação de processo e enumeração de causas.

FLUXOGRAMA

É um diagrama que representa o fluxo (ou seqüência) das diversas etapas de um processo qualquer. Ao iniciar um projeto de melhoria, sua grande utilidade é fazer com que todos os

participantes adquiriam uma visão completa do processo, ao mesmo tempo que permite que cada pessoa tenha melhor percepção de qual o seu papel no processo e de como seu trabalho influi no resultado final. Uma outra forma de utilizá-lo é fazer o fluxograma de como as atividades estão sendo feitas na prática e compará-lo com o fluxograma de como as atividades deveriam estar sendo feitas. Isto pode revelar a origem de alguns problemas. Podem ser usados quaisquer símbolos ou desenhos, desde que o entendimento seja fácil para todos.

GRÁFICO DE CONTROLE

Por volta de 1926, trabalhando nos Laboratórios Bell (EUA), Shewhart criou uma das mais fortes ferramentas para controlar processos e indicar oportunidades de melhorias nos mesmos: os gráficos de controle de Shewhart. Para se compreender melhor esta ferramenta, é preciso falar mais sobre variação. A capacidade das coisas variarem e formarem um padrão típico de variação, é uma das leis mais fundamentais da natureza: tudo varia, é impossível prever um resultado individual, contudo, um grupo de resultados, vindos do mesmo conjunto de causas, tende a ser previsível, seguindo uma certa distribuição; quando um conjunto de causas é perturbado por causas externas, a distribuição de resultados se altera.

HISTOGRAMA

Inventado em 1833 pelo estatístico francês A.M. Guerry, durante um estudo de ocorrências criminais, baseia-se na idéia de que cada fenômeno tem seu jeito próprio de variar. Então, pode-se visualizar esta variação, obtendo muita informação útil sobre o fenômeno. O histograma é exatamente isto: uma representação gráfica que nos permite visualizar a distribuição característica de um fenômeno ou processo.

DIAGRAMA DE PARETO

É uma figura simples que visa dar uma representação gráfica à estratificação. O modelo econômico de Pareto foi traduzido para a área da qualidade sob a forma de que alguns elementos são vitais; muitos, apenas triviais, por Juran. Este princípio, também conhecido como “Lei 20/80”, pode ser detalhado nas mais variadas formas. Dentre elas, podem ser citadas:

- 20% do tempo gasto com itens importantes são responsáveis por 80% dos resultados;
- 20% do tempo gasto em planejamento economiza até 80% do tempo de execução;
- 20% dos clientes representam 80% do faturamento global;
- 20% dos correntistas são responsáveis por 80% dos depósitos;
- 20% das empresas detêm 80% do mercado;
- 20% dos defeitos são responsáveis por 80% das reclamações; e 20% dos clientes são responsáveis por 80% das vendas.

Resumidamente, pode-se dizer que: se os sistemas ou causas de produtos defeituosos ou de algum outro efeito são identificados e registrados, é possível determinar que porcentagem pode ser atribuída a cada uma das causas. Em linhas gerais, o que o diagrama de Pareto sugere é que existem elementos críticos e a eles deve-se prestar total atenção. Usa-se, assim, um modelo gráfico que os classifica em ordem decrescente de importância, a partir da esquerda.

DIAGRAMA DE DISPERSÃO

Permite a avaliação da relação existente entre duas variáveis, parâmetros ou características de interesse. Como exemplo, pode ser citado o estudo

da relação entre o peso de uma pessoa e sua altura. Se for obtido o peso e a altura de várias pessoas, o gráfico de correlação poderá representar em cada ponto uma pessoa. A característica altura é uma variável independente, pois a idéia é obter o peso de uma pessoa dada sua altura. O peso é a variável dependente. À medida que os dados apresentem uma tendência, ou comportamento razoável previsível, pode-se dizer que as variáveis têm correlação. A tendência mais comum é o comportamento linear, ou seja, os pontos tendem a se alinharem e com isso pode-se imaginar uma reta que representa a correlação entre essas variáveis.

2. DESCRREVENDO E APLICANDO AS FERRAMENTAS DA QUALIDADE

2.1. CONCEITOS CHAVE

2.1.1. Considerações

As decisões baseadas em análises de situações e de dados desempenham um importante papel em projetos e atividades de melhoria da qualidade. O sucesso dos projetos e atividades de melhoria da qualidade é aumentado através da aplicação adequada de técnicas e ferramentas desenvolvidas para este fim.

2.1.2. Ferramentas para Dados Não-Numéricos

Certas decisões de melhoria da qualidade podem ser baseadas em dados não-numéricos. Estes dados desempenham um papel importante no "marketing", pesquisas e desenvolvimento, e nas decisões gerenciais. Devem ser usadas ferramentas apropriadas para processar adequadamente este tipo de dado, transformando-os numa informação útil para a tomada de decisão.

2.1.3. Ferramentas para os Dados Numéricos

Quando possível, as decisões de melhoria da qualidade devem ser baseadas em dados numéricos. As decisões relativas a diferenças, tendências e mudanças, em dados numéricos, devem ser baseadas numa interpretação estatística adequada.

2.1.4. Aplicação de Ferramentas e Técnicas da Qualidade

A tabela a seguir relaciona técnicas e ferramentas e suas aplicações na melhoria da Qualidade. Para aplicações específicas, outras poderão ser mais apropriadas.

Ferramentas ou Técnicas	Aplicação para a Melhoria da Qualidade
Ferramentas e técnicas auxiliares	
1. Folha de Verificação	Coletar sistematicamente os dados para obter um quadro claro dos fatos
2. Benchmarking	Comparar um processo com os de líderes reconhecidos para identificar as oportunidades para a melhoria da qualidade
3. Brainstorming	Identificar possíveis soluções para problemas e oportunidades potenciais para a melhoria da qualidade
4. Gráficos	Transformar dados em informações
5. Estratificação	Dividir um problema e problemas menores Priorizar os projetos mais importantes Viabilizar o estabelecimento de metas
6. 5W 1H	Estudar ou descrever um processo
7. 5 Porquês	Analisar um problema, processo, necessidades do cliente, etc.
Ferramentas e Técnicas para Dados Não-Numéricos	
8. Diagrama de Causa e Efeito	Analisar e comunicar relações de causa e efeito Facilitar a resolução de problemas de sintoma para a causa, até a solução
9. Diagrama de Fluxo	Descrever um processo existente Projetar um processo novo
Ferramentas e técnicas para dados numéricos	
10. Gráfico de Controle	Diagnóstico - avaliar a estabilidade do processo Controle - determinar quando um processo necessita ser ajustado e quando necessita ser mantido como está Confirmação - confirmar uma melhoria de um processo
11. Histograma	Apresentar o padrão de variação de dados Comunicar visualmente informações sobre o comportamento do processo Decidir onde devem ser concentrados os esforços para a melhoria
12. Diagrama de Pareto	Apresentar por ordem de importância a contribuição de cada item para o efeito total Classificar oportunidades para a melhoria
14. Diagrama de Dispersão	Descobrir e confirmar relações entre dois conjuntos de dados associados Confirmar relações antecipadas entre dois conjuntos de dados associados



3. FERRAMENTAS E TÉCNICAS AUXILIARES

3.1. FOLHA DE VERIFICAÇÃO

O que é

O formulário serve de modelo para a coleta e o registro de dados. Ele promove a coleta de dados de maneira consistente, facilitando a sua análise.

Quando Aplicar

Coletar sistematicamente os dados para obter um quadro claro dos fatos.

Método

- a) Determinar o objetivo específico para a coleta destes dados (as questões a serem dirigidas).
- b) Identificar os dados requeridos para atingir o objetivo (dirigir as questões).

- c) Determinar como os dados serão analisados e por quem (ferramentas estatísticas).
- d) Elaborar um formulário para registrar os dados. Prover espaço para registrar as informações sobre - quem coletou os dados; - onde, quando e como os dados foram coletados.
- e) Testar previamente o formulário, coletando e registrando alguns dados.
- f) Analisar criticamente e corrigir o formulário, se necessário.

Exemplo

O número de defeitos de cada tipo na reprodução de documentos, atribuíveis a cada causa pode ser coletado no formulário a seguir.

Folha de Verificação para o número de defeitos de reprodução de documentos de cada tipo, atribuíveis a cada causa.

Efeito Causa	Páginas faltantes	Cópias borradas	Cópias não nítidas	Páginas fora de sequência	Totais
Máquinas empregadas					
Umidade					
Toner					
Condições das originais					
Outros (especificar)					
Total					
Responsável pela coleta de dados: Data: Onde: Como:					

Observação: A Folha de Verificação não está limitada a uma tabela, podendo ser um desenho; uma Lista de Verificação (*Check List*) que verifica se todos os passos que deveriam ser dados para uma determinada tarefa o foram efetivamente; etc. Deve ser verificado previamente qual o tipo de Folha de Verificação adequado para os dados a serem coletados e as pessoas responsáveis pela coleta.

3.2. BENCHMARKING

O que é

O *Benchmarking* compara os processos e o desempenho de produtos e serviços com os de líderes reconhecidos, permitindo identificar as metas e estabelecer prioridades para a preparação de planos que resultarão em vantagem competitiva no mercado.

Quando Aplicar

Comparar um processo com os de líderes reconhecidos para identificar as oportunidades para melhoria da qualidade.

Método

- a) Determinar os itens para *Benchmarking*
 Os itens devem ser as características chaves de processos e suas saídas. As saídas do processo de

Benchmarking devem estar diretamente relacionadas às necessidades do cliente.

- b) Determinar em relação a quem será estabelecido o *Benchmarking*.

Organizações típicas podem ser competidores diretos e/ou não competidores reconhecidamente líderes no item de interesse.

- c) Coletar dados
 Dados sobre o desempenho de processos e necessidades de clientes podem ser obtidos através de contatos diretos, vistorias, entrevistas, contatos pessoais e profissionais e periódicos técnicos.
- d) Organizar e analisar os dados.
 A análise é dirigida no sentido de estabelecer os melhores objetivos práticos para atingir todos os itens relevantes.
- e) Estabelecer os *Benchmarks*.



Identificar as oportunidades para a melhoria da qualidade baseada em necessidades de clientes e no desempenho de competidores e não competidores.

3.3. BRAINSTORMING

O que é

Brainstorming é uma técnica de estimulação da criatividade de uma equipe, para gerar e esclarecer uma série de idéias, problemas ou questões.

Quando Aplicar

Identificar possíveis soluções para problemas e oportunidades em potencial para melhoria da qualidade.

Método

Há duas fases envolvidas:

a) Fase de geração

O facilitador repassa as diretrizes e o objetivo da sessão de *brainstorming* e os membros da equipe elaboram uma relação das idéias. O objetivo é gerar o maior número possível de idéias.

b) Fase de esclarecimento

A equipe analisa a lista de idéias para certificar-se que cada um entendeu todas as idéias. A avaliação destas idéias será feita depois de terminada a sessão de *brainstorming*.

As diretrizes para *brainstorming* incluem:

- identificar o facilitador;
- estabelecer claramente o objetivo do brainstorming;
- seqüencialmente, cada membro da equipe apresenta uma única idéia por vez;
- quando possível, membros da equipe trabalham sobre as idéias dos outros membros;
- neste estágio, as idéias não são criticadas, nem discutidas;
- as idéias são registradas onde todos os membros da equipe possam vê-las;
- o processo continua até que não haja mais geração de idéias;
- ao final, todas as idéias são criticadas para maior esclarecimento.

3.4. GRÁFICOS

O que é

Ferramentas para a organização, resumo, exibição e apresentação estatística, com a finalidade de auxiliar a análise de dados.

Quando aplicar

Transformar dados em informações.

Método

- Os gráficos em geral são elaborados a partir do desenho de dois eixos ortogonais.
- Identificar claramente o objetivo principal.
- Marcar em escala apropriada as variáveis em observação.

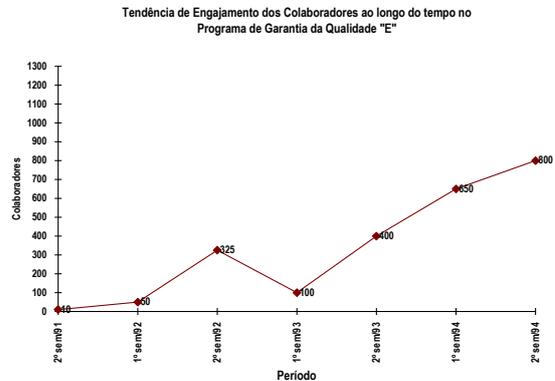
Observação: A escolha da escala pode influenciar na própria avaliação do gráfico, pois

podará dar margens a interpretações errôneas por quem não está acostumado. Deve ser mantido o equilíbrio entre as variáveis.

d) Plotar os dados à medida que estejam disponíveis.

Exemplos

Gráfico de Linhas:



Como exemplo se tem o Gráfico de Tendência - utilizado para monitorar o Sistema a fim de mostrar uma continuidade ao longo de uma das variáveis, enquanto a outra variável apresenta o que está sendo analisado dentro dos limites estabelecidos pela variável contínua.

Gráfico de Barras:

Engajamento dos colaboradores do CQMA no SGI do IPEN

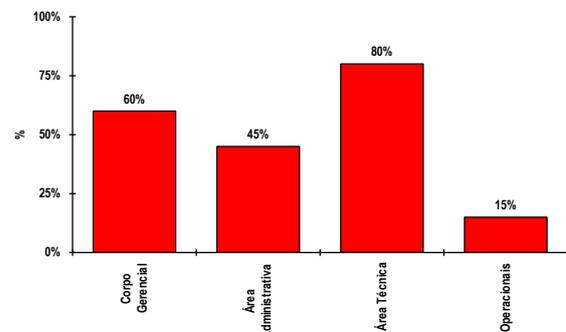
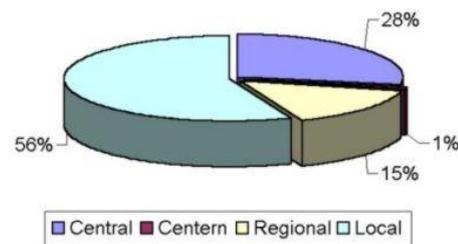


Gráfico semelhante aos histogramas. A altura das barras, representam a freqüência das classes, sem a necessidade de ser uma escada horizontal contínua.

Gráfico de Setor (Pizza)

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DO Nº DE SERVIDORES POR UNIDADE DE LOTAÇÃO



Pode ser utilizado da mesma forma que o Diagrama de Pareto, sendo mais vantajoso por ser

largamente utilizado na mídia para apresentação de dados.

- a) Fazer a circunferência completa representando 100% (e não 360°) dos dados a serem apresentados.

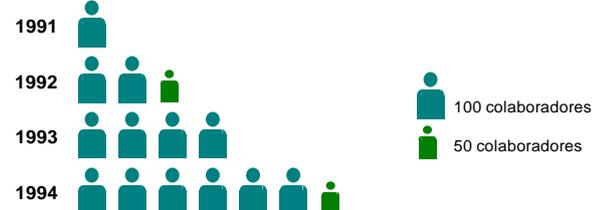
- b) Dividir o círculo em setores (fatias) percentuais para mostrar claramente a participação dos dados no conjunto.

- c) Indicar o objetivo principal, as percentagens das fatias e o que cada uma representa.

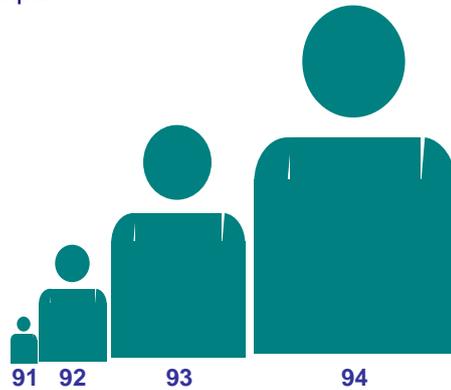
Pictogramas

Número de pessoas engajadas no Programa de Gestão da Qualidade ao longo do tempo

1º Exemplo



2º Exemplo



Ícone inteiro = 100 colaboradores

- a) Escolher um ícone ou símbolo gráfico que visualize o produto, processo ou produção em análise.

- b) Valorizar um tamanho de ícone em uma determinada unidade:

- a soma de ícones inteiros mais uma parte, valorizará as quantidades que descreverão a atividade, ou
- representação em escala do ícone. Estabelecendo-se um valor para a unidade, a modificação representará os valores 2, 3, etc., vezes maiores

Gráficos mais específicos são exemplificados nos itens respectivos deste manual (Histograma, Gráfico de Controle, etc.).

3.5. ESTRATIFICAÇÃO

O que é

Estratificação é dividir um problema em estratos de categorias de problemas de origens diferentes. A Estratificação quebra numa representação em categoria ou classes mais significativas a fim de direcionar a ação corretiva.

Quando aplicar

- Aplicar casos cujos dados mascaram os fatos reais.
- Dividir um problema em problemas menores.
- Priorizar os projetos mais importantes.
- Viabilizar o estabelecimento de metas.

Método

A Estratificação, por exemplo, através da análise de Pareto segue a seguinte metodologia.

- Reunir pessoas que possam colaborar na análise.
- Perguntar: Como ocorre o problema?
- Utilizar ferramentas de análise (individualmente ou em conjunto para organizar a coleta de opiniões 5W1H, Causa Efeito, etc..)
- Eleger as mais importantes, obedecendo princípio de Pareto (poucos fatores são responsáveis pela maior parte dos resultados) - Fatores Vitais.

- e) Coletar dados para as categorias de problemas elegidas.

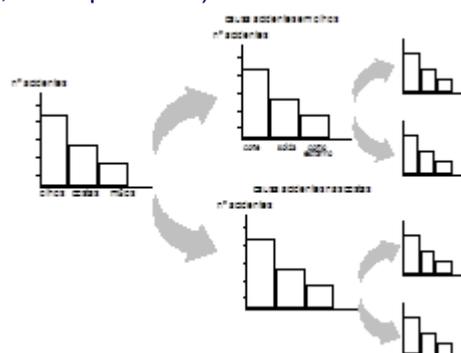
- f) Verificar a importância de cada item com base em fatos e dados (e não na simples opinião de cada um).

- g) Priorizar com a ajuda do Diagrama de Pareto.

- h) Desdobrar, repetindo a seqüência de operações anteriores, várias vezes sempre tomando os itens prioritários como novos problemas, até serem localizados e quantificados os vários projetos de solução de problemas, como mostra o exemplo.

Exemplo

Para detalhar as maiores causas dos tipos de acidentes em partes mais específicas (eliminar a causa, não o problema).



3.6. 5W + 1H e 5W + 2H

O que é

Técnica utilizada na análise ou execução de uma rotina objetivando identificar claramente em cada atividade:

- **Quando (When)**
Quando a atividade deve ser feita?
- **Quem (Who)**
Quem participa das ações necessárias para desenvolver a atividade?
- **O Que (What)**
Qual a atividade que precisa ser realizada?
- **Onde (Where)**
Onde a atividade ocorre e onde deve ser aplicada?
- **Porque (Why)**
Por que a atividade deve ser realizada?
- **Como (How)**
Como a atividade deve ser realizada para alcançar o objetivo? Como a atividade será registrada ou verificada para evidenciar que foi, ou está sendo, executada corretamente?
- **Quanto Custa (How much)**
Quanto "custa" a atividade?

Quando aplicar

- Estudar um processo (neste caso aplicar o 5W + 2H)
- Descrever um procedimento (neste caso aplicar o 5W + 1H)

Método

Fazer ao grupo ou a si mesmo as perguntas:

Quando	Quando a atividade deve ser feita?
Quem	Quem faz?
O que	O que deve ser feito?
Como	Como deve ser feito?
Porque	Por que deve ser feito?
Onde	Onde deve ser feito?

3.7. 5 PORQUES (POR QUÊ?)

O que é

Esta técnica se resume em realizar perguntas iniciadas Por que? para os problemas. Dizem que não há problema que consiga resistir mais do que 5 porques. Apresentamos a seguir um exemplo que ilustra a técnica.

Quando aplicar

Analisar um problema, processo, produto, necessidades do cliente, etc..

Método

Fazer para o grupo de análise perguntas iniciadas com "Por que ?..."

Exemplo

Descoberta da verdadeira causa da parada de um equipamento.

Pergunta 1: Por que o equipamento parou?

Resposta 1: Porque o fusível queimou devido a uma sobrecarga.

Pergunta 2: Por que houve uma sobrecarga?

Resposta 2: Porque a lubrificação do rolamento foi inadequada.

Pergunta 3: Por que a lubrificação foi inadequada?

Resposta 3: Porque a bomba de lubrificação não estava funcionando direito.

Pergunta 4: Por que a bomba de lubrificação não estava funcionando direito?

Resposta 4: Porque o eixo da bomba estava gasto.

Pergunta 5: Por que ele estava gasto?

Resposta 5: Porque entrou sujeira.

4. FERRAMENTAS E TÉCNICAS PARA DADOS NÃO NUMÉRICOS

4.1. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

O que é

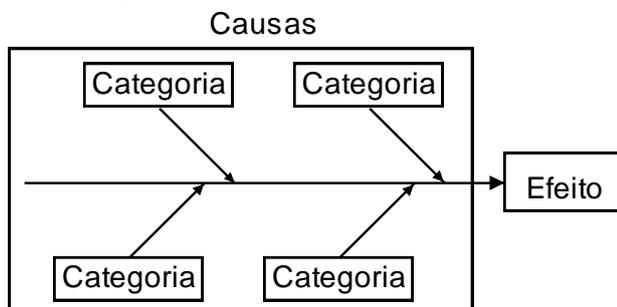
O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta usada para analisar criteriosamente e expor as relações entre um determinado efeito (como por exemplo variações de uma característica da qualidade) e suas causas potenciais. As várias causas em potencial são organizadas em categorias principais e subcategorias, de maneira que seu formato se assemelhe a um esqueleto de peixe. Daí, ser conhecido também como Diagrama Espinha-de-Peixe.

Quando Aplicar

- Analisar relações de causa e efeito.
- Comunicar relações de causa e efeito.
- Facilitar a resolução de problemas do sintoma para a causa, até a solução.

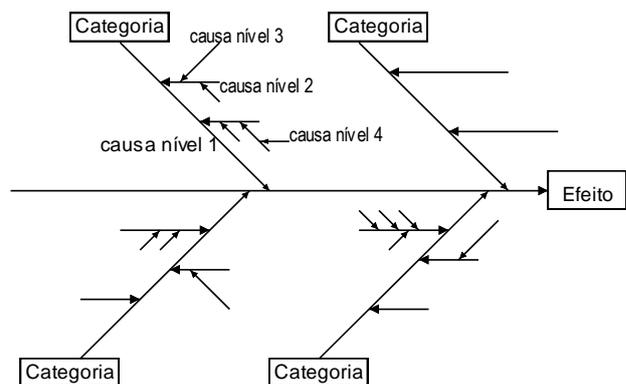
Método

- a) Definir o efeito de maneira clara e concisa.
- b) Definir as categorias principais de possíveis causas. Os fatores a serem considerados incluem:
 - Dados e sistemas de informação
 - Meio ambiente
 - Máquinas
 - Materiais
 - Medidas
 - Métodos
 - Mão-de-obra
- c) Iniciar a elaboração do diagrama, definindo o efeito num retângulo no lado direito, colocando as categorias principais como alimentadores do retângulo do efeito.



- d) Desenvolver o diagrama através de uma análise criteriosa escrevendo as causas

segundo seus níveis num procedimento que obedece a uma ordem crescente de níveis. Um diagrama bem desenvolvido não deve ter menos de dois níveis de ramificações, e muitos terão três ou mais níveis.



- e) Selecionar e identificar um pequeno número de causas (três a cinco) de níveis mais elevados, que provavelmente exercem uma grande influência sobre o efeito e que requerem mais ações, tais como, coleta de dados, controle de esforços, etc.

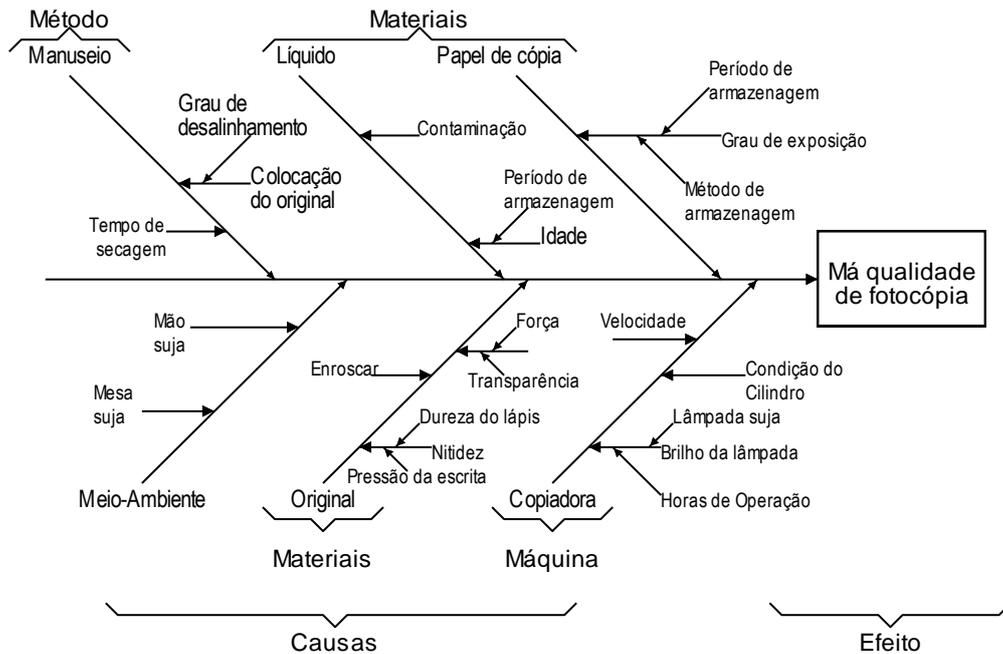
NOTAS

- Um método alternativo para elaborar o diagrama de causa e efeito é realizar brainstorming de todas as possíveis causas e organizá-las em categorias e subcategorias, usando um diagrama de afinidade.
- Em certos casos, pode ser vantajoso relacionar as principais etapas de um processo como categorias principais, por exemplo, quando o fluxo de um processo é o efeito considerado para a melhoria. Frequentemente é usado um Diagrama de Fluxo na definição destas etapas.
- Depois de elaborado, o diagrama pode se tornar uma ferramenta viva, introduzindo mais refinamento na medida em que se ganha mais conhecimento e experiência
- O diagrama é elaborado frequentemente por grupos, mas o trabalho pode ser feito por um indivíduo com bastante conhecimento e prática do processo.

Exemplo

A figura mostra um diagrama de causa e efeito para uma fotocópia de má qualidade.

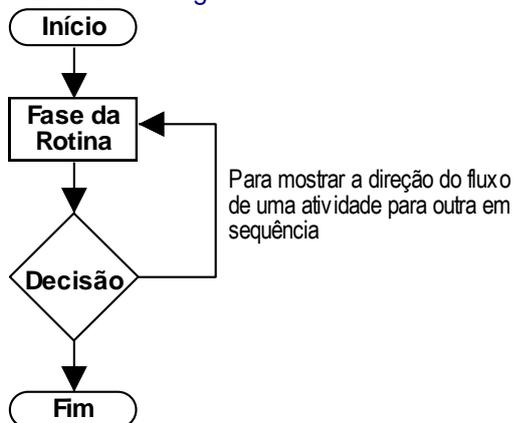




4.2. DIAGRAMA DE FLUXO

O que é

Um diagrama de fluxo é uma representação gráfica das etapas de um processo, mostrando-se bastante útil na investigação de oportunidades para a melhoria para obtenção de um entendimento detalhado de como o processo realmente funciona. Ao examinar o modo como as várias etapas do processo se relacionam umas com as outras, pode-se descobrir fontes potenciais de problemas. Os diagramas de fluxo aplicam-se a todos os aspectos de qualquer processo, desde o fluxo de materiais até a realização de uma venda ou a assistência técnica de um produto. Os diagramas de fluxo são elaborados com símbolos facilmente identificáveis. Os símbolos comumente usados estão representados a seguir.



Quando Aplicar

- Descrever um processo existente, ou
- Projetar um novo processo.

Método

Descrição de um processo existente

- Identificar o início e o fim do processo.
- Observar todo o processo, do princípio ao fim.
- Definir as etapas no processo (atividades, decisões, entradas e saídas).
- Elaborar um rascunho do diagrama de fluxo para representar o processo.
- Analisar criticamente o rascunho do diagrama de fluxo com as pessoas envolvidas no processo.
- Melhorar o diagrama de fluxo baseado nesta análise crítica.
- Verificar o diagrama de fluxo com o processo real.
- Datar o diagrama de fluxo para futuras referências e utilizações. (Ele funciona como registro de como o processo realmente opera e pode ser usado também para identificar as oportunidades para a melhoria).

Elaboração de um novo processo

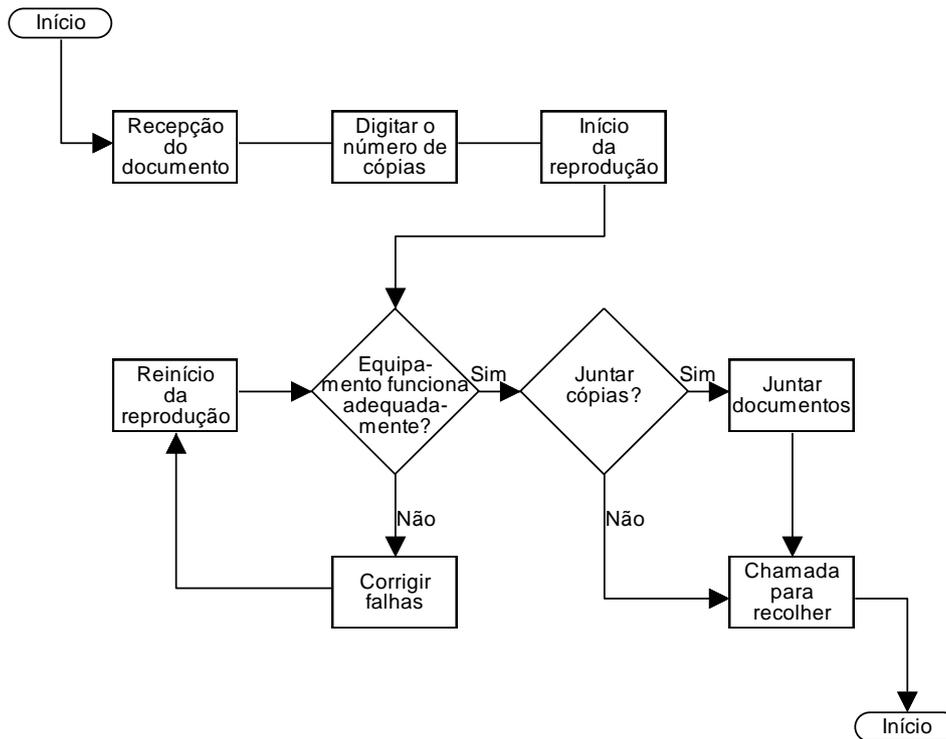
- Identificar o início e o fim do processo.
- Visualizar as etapas a serem realizadas no processo (atividades, decisões, entradas e saídas).
- Definir as etapas do processo (atividades, decisões, entradas e saídas).
- Elaborar um rascunho do diagrama de fluxo para representar o processo.
- Analisar criticamente o diagrama de fluxo com as pessoas que se espera ser envolvidas no processo.
- Melhorar o diagrama de fluxo baseado nesta análise crítica.
- Datar o diagrama para futuras referências e utilizações. (Ele serve como registro de como o processo foi projetado para operar e pode



também ser usado para identificar as oportunidades de melhoria para o projeto.)

O diagrama de fluxo mostrado na figura representa o processo de reprodução de um documento.

Exemplo



5. FERRAMENTAS E TÉCNICAS PARA DADOS NUMÉRICOS

5.1. CARTA OU GRÁFICO DE CONTROLE

O que é

O gráfico de controle é uma ferramenta para distinguir variações devidas a causas assinaláveis ou especiais de variações casuais inerentes ao processo. As variações casuais repetem-se aleatoriamente dentro de limites previsíveis. As variações decorrentes de causas assinaláveis ou especiais indicam a necessidade de identificar, investigar e colocar sob controle alguns fatores que afetam o processo. A elaboração de gráficos de controle é baseada em cálculos estatísticos. Os gráficos de controle usam dados operacionais para estabelecer os limites dentro dos quais futuras observações são esperadas se o processo permanecer não afetado por causas assinaláveis ou especiais.

Observação: Existe uma grande variedade de gráficos de controle aplicáveis a todos os tipos de características mensuráveis e contáveis de um processo, produto ou qualquer saída. A organização deve obter um treinamento apropriado e desenvolver uma experiência suficiente para elaborar e aplicar os gráficos de controle.

Quando Aplicar

a) Diagnóstico: avaliar a estabilidade do processo.

- b) Controle: determinar quando um processo necessita ser ajustado e quando necessita ser mantido como está.
c) Confirmação: confirmar uma melhoria de um processo.

Método

- Selecionar a característica para a aplicação do gráfico de controle.
- Selecionar o tipo apropriado de gráfico de controle.
- Decidir sobre o subgrupo (uma pequena quantidade de itens dentro dos quais se supõe que as variações são devidas unicamente ao acaso), seu tamanho e a frequência de amostragem de subgrupos.
- Coletar e registrar dados de, no mínimo, 20 a 25 sub-grupos, ou usar dados previamente registrados.
- Calcular os parâmetros estatísticos que caracterizam cada subgrupo amostrado.
- Calcular os limites de controle, baseando-se nos parâmetros estatísticos dos subgrupos amostrados.
- Elaborar um gráfico e representar os dados estatísticos do subgrupo.
- Examinar o gráfico para identificar pontos fora dos limites de controle e padrões que indiquem presença de causas assinaláveis (especiais).

- i) Decidir sobre ações futuras.
- j) Os dados da tabela A.3 são plotados para dar o
- k) gráfico de controle mostrado na figura A.8.

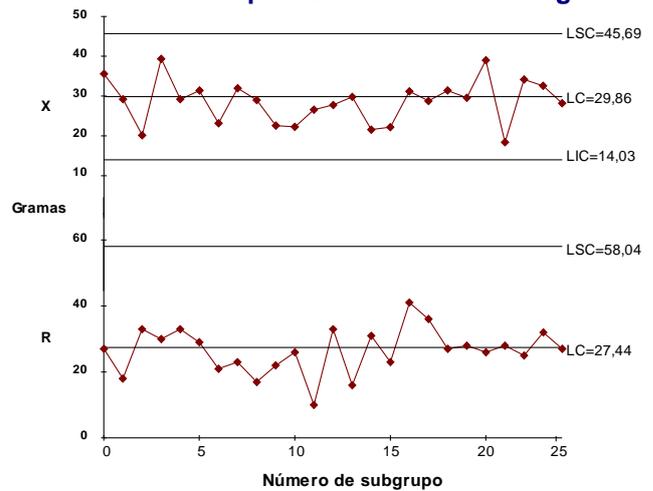
Exemplo

1. Uma nova fórmula foi assinalada para encher os contêineres com 5kg de produto. A sobrecarga em gramas foi considerada uma característica importante para ser investigada e controlada através de uma carta ou gráfico de controle.
2. Para este propósito foram selecionados os gráficos de média (X) e amplitude (R).
3. O subgrupo foi definido como cinco contêineres enchidos consecutivamente, retirados da máquina com um intervalo de uma hora.
4. Foram coletados e registrados os dados de 25 subgrupos, mantendo a ordem da observação.
5. A média (X) (média de cinco observações) e a amplitude R (amplitude de observações) da amostra, foram calculadas para cada subgrupo.
6. Pela aplicação de fórmulas apropriadas (ver bibliografia de métodos estatísticos) foram calculadas as linhas centrais (LC), os limites de controle superiores (LCS) e inferiores (LCI) para x e R.
7. Foram elaborados os gráficos.
8. Um exame das cartas ou gráficos de controle mostra que não há pontos fora dos limites de controle e nenhum modelo de pontos, indicando falta de aleatoriedade ou a presença

de causas assinaláveis. Assim, o processo foi julgado interpretado como sendo de repetição previsível, ou seja, num estado de controle estatístico.

9. Foi decidido continuar a amostragem, fazendo os gráficos da mesma maneira, sem fazer qualquer ajuste do processo, exceto se o gráfico de controle indicar o aparecimento de uma causa assinalável, (Se houver dados disponíveis sobre o processo antigo de enchimento dos contêineres, pode-se fazer uma avaliação sobre o grau de melhoria que a nova máquina ocasionou.).

Gráficos X e R para Dados de Sobrecarga



Subgrupo Número	X1	X2	X3	X4	X5	x	(X)	R
1	47	33	44	35	20	178	35,6	27
2	19	37	31	23	34	146	29,2	18
3	19	11	16	11	44	101	20,2	33
4	29	29	42	39	38	197	39,4	30
5	28	12	45	36	23	146	29,2	33
6	40	35	11	36	33	157	31,4	29
7	15	30	12	23	26	116	23,2	21
8	35	44	22	11	38	160	32,0	23
9	27	37	26	20	33	145	29,0	17
10	23	45	26	37	32	163	22,6	22
11	28	44	40	31	18	161	22,3	26
12	31	25	24	32	22	134	26,6	10
13	22	37	19	47	14	139	27,8	33
14	37	32	12	38	30	149	29,8	16
15	25	40	24	30	19	158	21,6	31
16	7	31	23	18	32	111	22,2	23
17	38	0	41	40	37	156	31,2	41
18	35	12	29	48	20	144	28,8	36
19	31	20	35	24	47	157	31,4	27
20	12	27	38	40	31	148	29,6	28
21	52	42	52	24	25	195	39,0	26
22	20	31	15	3	28	97	19,4	28
23	29	47	41	32	22	171	34,2	25
24	28	27	22	32	54	163	32,6	32
25	42	34	15	29	21	141	28,2	27
Totais							746,6	686
Médias							29,86	27,44

5.2. HISTOGRAMA

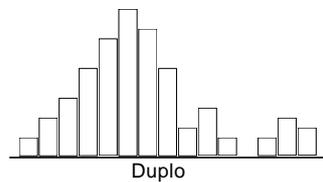
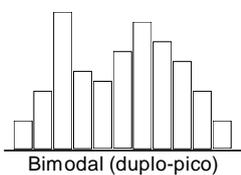
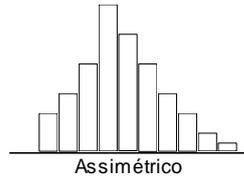
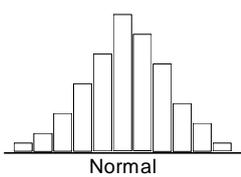
O que é
 Os dados são apresentados como uma série de retângulos que têm a mesma largura, mas altura

variável. A largura representa um intervalo dentro da faixa de valores dos dados. A altura representa o número de valores de dados dentro de um intervalo especificado. A forma de variação das alturas mostra a distribuição dos valores dos dados.

As figuras a seguir mostram quatro formas de variações que ocorrem comumente. Um exame destas formas de variações pode fornecer uma informação sobre o comportamento do processo.

Quando Aplicar

- Apresentar o padrão de variação;
- Comunicar visualmente a informação sobre o comportamento do processo;
- Decidir onde devem ser concentrados os esforços para a melhoria.



Exemplo

Quando temos uma quantidade grande de dados, podemos organiza-los em número de classe e intervalos (limites de classe).

Observe os dados de uma medida de diâmetro de uma vara cilíndrica de aço:

15,84	16,16	15,98	15,94	16,06	15,90	15,93	16,14	15,99	15,89
15,91	15,60	16,17	15,69	15,94	15,94	15,94	15,75	16,18	16,15
15,99	16,09	15,98	16,06	15,82	15,79	15,85	16,03	15,99	16,05
15,68	16,07	15,76	15,93	15,86	16,02	15,95	15,62	15,90	15,91
16,01	15,85	16,05	15,97	15,65	15,91	16,01	15,83	16,04	15,97
15,92	15,96	15,93	15,82	15,95	15,87	15,72	15,91	15,96	15,85
15,99	15,99	16,07	16,00	15,92	15,81	16,06	16,12	15,84	16,03
15,80	16,00	15,70	16,07	15,99	16,01	15,88	15,97	16,04	15,98
15,92	16,10	15,99	15,89	15,84	15,92	16,13	15,93	15,80	15,96
15,96	15,90	15,94	16,09	16,15	15,86	15,95	15,87	16,08	15,88

NOTA - É possível projetar um formulário de coleta de dados em que o histograma é gerado na medida em que os dados são coletados. Este formulário é freqüentemente chamado de folha de registro.

- Para iniciarmos o processo, devemos contar a quantidade dos valores coletados. No exemplo temos 100 (cem) valores (n = 100);
- Devemos determinar a amplitude R dos valores tabulados.

Definição: Amplitude (R) é o maior menos o menor valor da tabulação.

(R = Maior valor - Menor valor)

No caso específico do nosso exemplo temos:

$$R = 16,20 - 15,60 = 0,60 \Rightarrow R = 0,60$$

- Para determinarmos o número de classes podemos usar previamente a seguinte tabela:

No. DE VALORES DA TABULAÇÃO	No. DE CLASSES (K)
menos de 50	5 - 7
50 - 100	6 - 10

Método

- Coletar os valores dos dados.
- Determinar a faixa de valores dos dados, subtraindo o dado de valor mais baixo do de valor mais alto.
- Determinar o número de intervalos no histograma (geralmente entre 6 e 12) e dividir a faixa (etapa b) pelo número de intervalos para determinar a largura de cada intervalo.
- Marcar o eixo horizontal com a escala de valores dos dados.
- Marcar o eixo vertical com a escala de freqüência (número ou porcentagem de observações).
- Traçar a altura de cada intervalo, correspondendo ao número de valores dos dados incluídos neste intervalo.

100 - 250	7 - 12
mais de 250	10 - 20

Dividindo então o valor da amplitude pelo número escolhido de classes (K) (de acordo com a tabela acima, fazendo uma escolha apropriada), teremos:
 n = 100 portanto podemos escolher entre 6 e 10 classes.

Vamos escolher 8 (oito) classes para efeito do exercício.

Neste caso então determinaremos o intervalo de classe (H):

$$H = \frac{R}{K} = \frac{0,60}{8} = 0,075$$

Sempre é conveniente fazermos um arredondamento para cima. Neste caso específico usaremos então 0,08. Então $H = 0,08$

d) Determinaremos agora o limite da classe ou os pontos limites.

Para facilitar a determinação do limite de classe podemos tomar o menor valor individual da tabulação (15,6).

Adicionemos a este número o valor do intervalo de classe.

Então teremos $15,60 + 0,08 = 15,68$.

O limite inferior da próxima classe iniciará em 15,68.

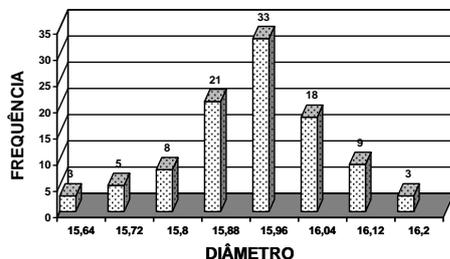
Portanto o valor final da classe anterior será 15,67.

e) Construiremos então uma tabela de frequência baseada nos valores computados anteriormente.

CLASSE	LIMITE DE CLASSES	PONTO MÉDIO	FREQUÊNCIA	TOTAL
1	15,60 - 15,67	15,64		3
2	15,68 - 15,75	15,72		5
3	15,76 - 15,83	15,80		8
4	15,84 - 15,91	15,88		21
5	15,92 - 15,99	15,96		33
6	16,00 - 16,07	16,04		18
7	16,08 - 16,15	16,12		9
8	16,16 - 16,23	16,20		3

f) Agora podemos construir o histograma baseado na tabela de frequência.

O histograma é portanto uma forma gráfica de uma tabela de frequência, fornecendo uma rápida visualização da distribuição de uma característica medida.



Desta forma como agora está representado fica muito mais fácil analisar os dados coletados quanto ao diâmetro da vara cilíndrica de aço.

Nesta distribuição pode ser encaixada uma curva normal, o que demonstra que o processo está sob controle estatístico.

A distribuição pode em outros casos apresentar formas diferentes, com um acúmulo de dados afastados da medida central.

Estas distribuições são chamadas inclinadas.

Há ainda casos de pequena variabilidade e grande variabilidade.

Os histogramas ainda apresentam formas típicas tais como: geral, pente, assimétrico positivo, abre ponto à esquerda, achatado, pico duplo, pico isolado, etc..

Fazendo uma análise criteriosa nos histogramas é possível detectar as irregularidades existentes, e também verificar no caso específico do exemplo

dado anteriormente se o processo está sob controle ou não, se o instrumento de medida é confiável, se o operador precisa ser treinado, se houve troca de instrumentos, etc.

Podemos ainda determinar a média, desvio padrão, limites de tolerância, valores médios, índice de capacidade de processo e a probabilidade de ocorrências envolvidas.

5.3. DIAGRAMA DE PARETO

O que é

Diagrama de Pareto é uma técnica gráfica simples para a classificação de itens desde o mais ao menos freqüente. O Diagrama de Pareto é baseado no princípio de Pareto que declara que muitas vezes apenas alguns itens são responsáveis pela maior parte do efeito. Ao distinguir os itens mais importantes dos menos importantes, maior melhoria será obtida com menor esforço. O Diagrama de Pareto mostra, em ordem decrescente, a contribuição relativa a cada item sobre o efeito total. A contribuição relativa pode ser baseada no número de ocorrências, no custo associado a cada item, ou em outras medidas de impacto sobre o efeito total. São usados blocos para mostrar a contribuição relativa de cada item. Uma linha de frequência cumulativa é usada para mostrar a contribuição cumulativa dos itens.

Quando Aplicar

- Mostrar, por ordem de importância, a contribuição de cada item para o efeito total;
- Classificar oportunidades para a melhoria.

Método

- a) Selecionar os itens a serem analisados.

- b) Selecionar a unidade de medição para a análise, tais como: o número de ocorrências, custos ou outra medida de impacto.
- c) Escolher o período de tempo destinado à análise dos dados.
- d) Listar os itens da esquerda para a direita no eixo horizontal, em ordem de grandeza decrescente da unidade de medição. As categorias que contêm o menor número de itens podem ser agrupadas numa outra categoria. Posicionar esta categoria no lado extremo direito.
- e) Fazer dois eixos verticais, um em cada extremidade do eixo horizontal. A escala do lado esquerdo deve ser calibrada na unidade de medição e sua altura deve ser igual à soma das magnitudes de todos os itens. A escala do lado direito tem que possuir a mesma altura e é calibrada de 0% a 100%.
- f) Desenhar um retângulo acima de cada item, cuja altura representa a magnitude da unidade de medição para este item.
- g) Construir a linha de freqüência cumulativa, somando as magnitudes de cada item da esquerda para a direita.
- h) Usar o Digrama de Pareto para identificar os itens mais importantes para a melhoria da qualidade.

Exemplo

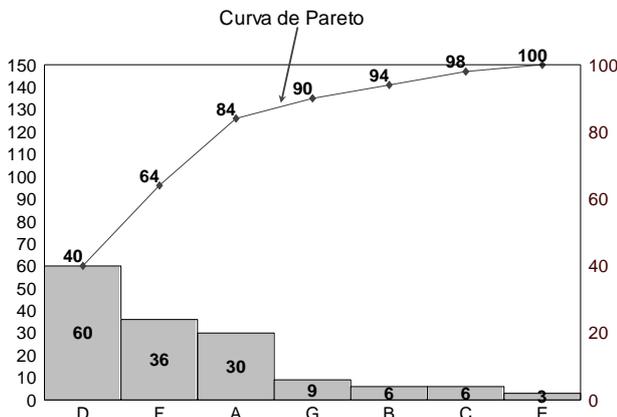
A título de ilustração damos um exemplo hipotético como segue: Problema em uma operação de trabalho.

- A - Treinamento do operador
- B - Manutenção
- C - Manutenção mecânica
- D - Instrumentos de medição
- E - Matéria prima
- F - Método
- G - Equipamento

A partir dos dados recebidos elaboramos uma tabela:

Tipo de Defeitos	Quantidade de Defeitos	Total Acumulado	Porcentagem do Total Geral (%)	Porcentagem Acumulada (%)
D	60	60	40	40
F	36	96	24	64
A	30	126	20	84
G	9	135	6	90
B	6	141	4	94
C	6	147	4	98
E	3	150	2	100

Construiremos então o diagrama de Pareto partindo desses dados:



Poderíamos se fosse o caso, fazermos agora um diagrama de Ishikawa para cada defeito apresentado onde poderíamos ir mais a fundo em cada item.

Observação: É importante verificarmos o que estamos analisando quando fazemos um Diagrama de Pareto. Um item pode representar a principal freqüência quando fazemos um Diagrama de Pareto em relação a quantidade. Porém, se analisarmos em relação ao custo poderá ser o último em termos de representatividade, pois os problemas mais freqüentes não são os de maior custo. Para detalhar as maiores causas em partes mais específicas, utilize a Estratificação.

5.4. DIAGRAMA DE DISPERSÃO

O que é

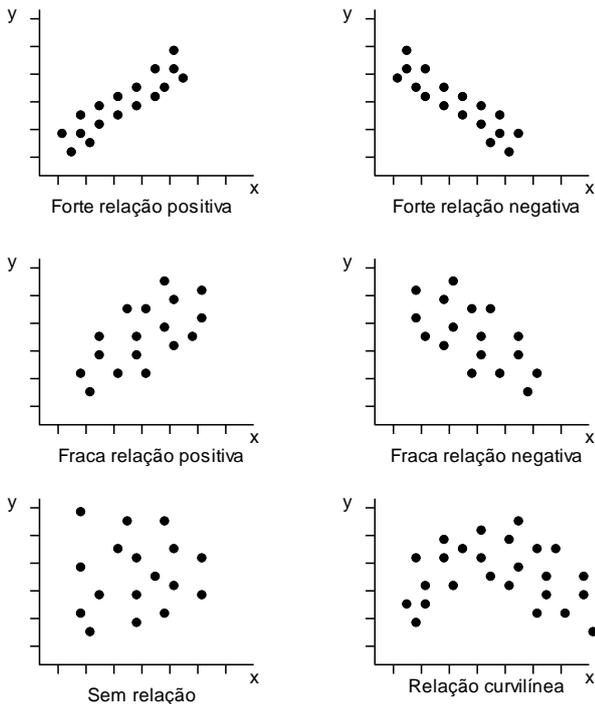
Um diagrama de dispersão é uma técnica gráfica destinada a estudar relações existentes entre dois conjuntos de dados associados que ocorrem aos pares (por exemplo (x,y), um de cada conjunto). O diagrama de dispersão mostra os pares como uma nuvem de pontos. Relações entre os conjuntos de dados associados são inferidas a partir do formato das nuvens. Uma relação positiva entre x e y significa que os valores crescentes de x estão associados aos valores crescentes de y. Uma relação negativa significa que os valores crescentes

Neste exemplo hipotético podemos tirar algumas conclusões baseadas nos dados apresentados:

- Solucionando 3 dos 7 itens nós resolvemos 84% do problema.
- O problema maior é com os instrumentos de medição que possivelmente não estão aferidos.
- O operador não está suficiente treinado no método e no uso dos instrumentos de medição
- Os outros problemas ficam para uma posterior análise pois representam 16% do total dos problemas. (Se o problema for de fácil resolução, faça-o primeiro, que servirá como exemplo).



de x estão associados aos valores decrescentes de y. Seis formatos de nuvens que ocorrem comumente são mostrados na figura a seguir.



Examinando-se estes formatos é possível perceber as relações entre estes conjuntos de dados.

Quando Aplicar

Descobrir e mostrar relações entre dois conjuntos de dados associados e para confirmar relações antecipadas entre dois conjuntos de dados associados.

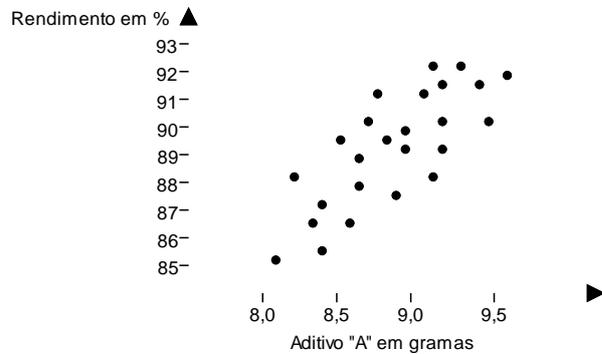
Método

a) Coletar os pares de dados (x,y), de dois conjuntos associados de dados cuja relação

- será estudada. É desejável ter aproximadamente 30 pares de dados.
- b) Designar os eixos x e y.
- c) Encontrar os valores mínimos e máximos dos dois eixos x e y, e usar estes valores para determinar as escalas dos eixos horizontal (x) e vertical (y). Ambos os eixos devem ter aproximadamente o mesmo comprimento.
- d) Marcar os pares de dados (x,y). Quando dois pares de dados têm o mesmo valor, riscar círculos concêntricos em volta do ponto marcado ou marcar o segundo ponto próximo.
- e) Examinar o formato da nuvem de pontos para descobrir o tipo e a intensidade de relação.

Exemplo

Diagrama de dispersão do aditivo "A" em gramas e o rendimento em percentagem



Aditivo "A" em gramas e o rendimento associado, em percentagem.

Lote número	Aditivo "A" (gramas)	Rendimento (%)	Lote número	Aditivo "A" (gramas)	Rendimento (%)
1	8,7	88,7	16	8,4	89,4
2	9,2	91,1	17	8,2	86,4
3	8,6	91,2	18	9,2	92,2
4	9,2	89,5	19	8,7	90,9
5	8,7	89,6	20	9,4	90,5
6	8,7	89,2	21	8,7	89,6
7	8,5	87,7	22	8,3	88,1
8	9,2	88,5	23	8,9	90,8
9	8,5	86,6	24	8,9	88,6
10	8,3	89,6	25	9,3	92,8
11	8,6	88,9	26	8,7	87,2
12	8,9	88,4	27	9,1	92,5
13	8,8	87,4	28	8,7	91,2
14	8,4	87,4	29	8,7	88,2
15	8,8	89,1	30	8,9	90,4

6. BIBLIOGRAFIA

Aguiar, Silvio – **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

Moura, Eduardo, **As 7 Ferramentas Gerenciais da Qualidade** - Makron Books do Brasil Editora Ltda
Have, Steven ten... [et al.] – **Modelos de gestão: o que são e quando devem ser usados**. São Paulo: Prentice Hall, 2003

ISO TR 10017:2003

Kume, Kitoshe **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**, Editora Gente.

Brassard, Michael **The Memory Jogger**, Qualitymark Editora Ltda.

Oliveira, Carlos Augusto de – **Inovação da Tecnologia, do Produto e do Processo**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2003.

Barra, Ralph, **Trabalho em Grupo - Guia Prático para Formar Equipes Eficazes**, Qualitymark Editora Ltda.

Shigeru Mizuno **Gerência para Melhoria da Qualidade, As Sete Novas Ferramentas de Controle da Qualidade**, LTC Editora / MCG Qualidade.

Esta bibliografia é básica, não esgota o assunto.