



Controle Estatístico de Processos CEP

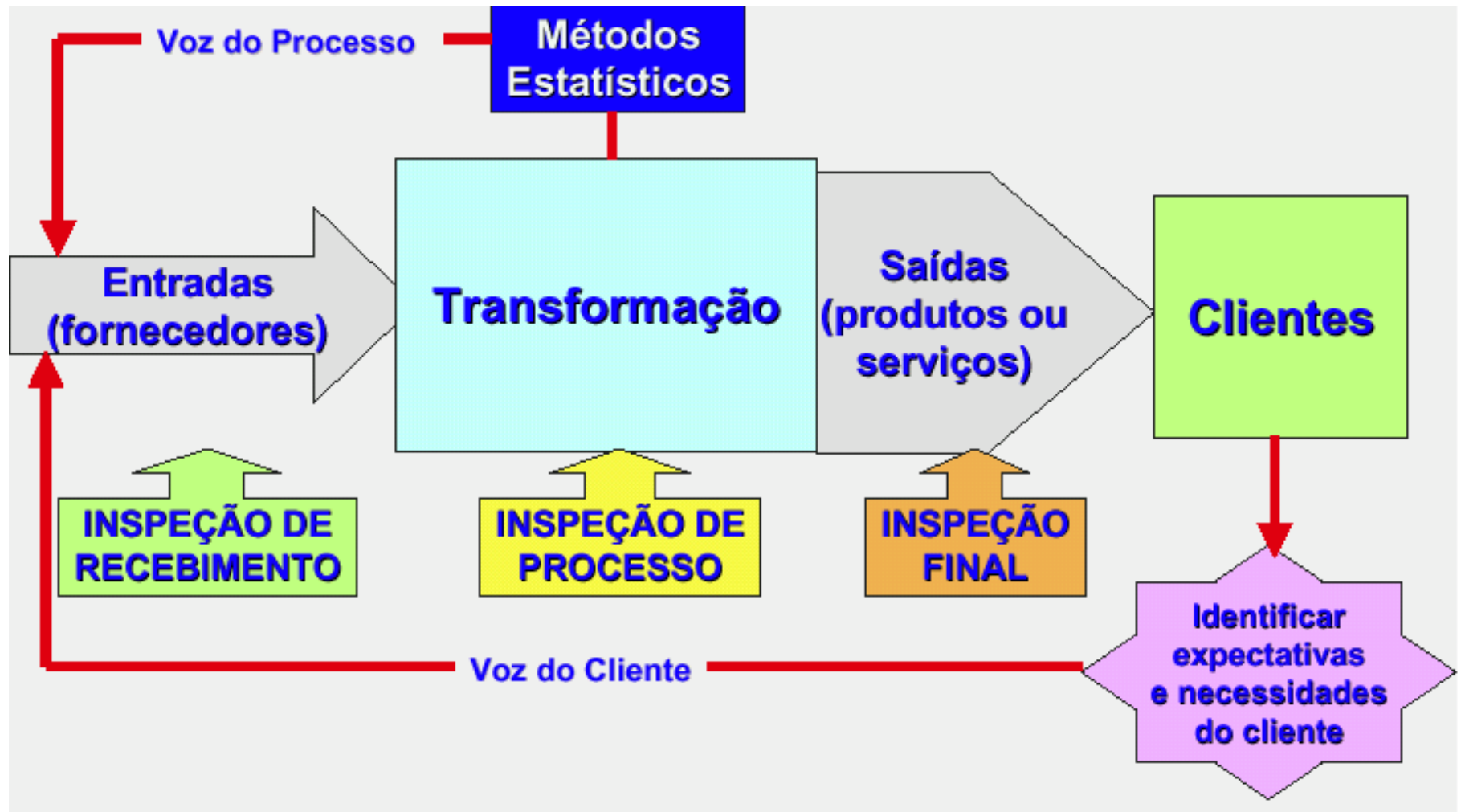
Prof. MSc. Fabrício Maciel Gomes

Objetivo de um Processo



Produzir um produto que satisfaça totalmente ao cliente.

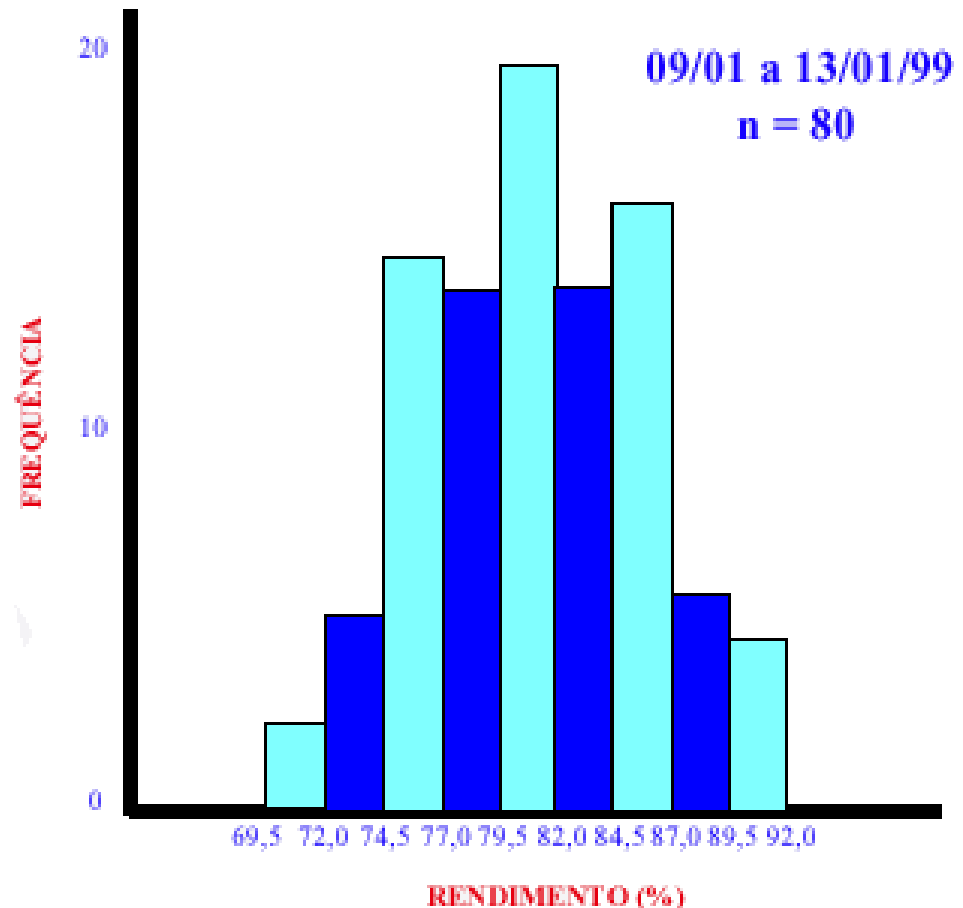
Conceito de Processo



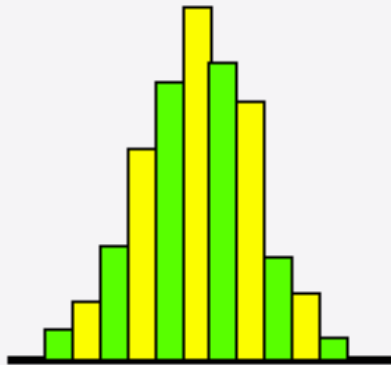
Histograma

O QUE É: um gráfico de barras que associa os valores de uma característica da qualidade, divididos em pequenos intervalos, com a frequência com que ocorreram na amostra. Ele representa a distribuição de frequência dos dados.

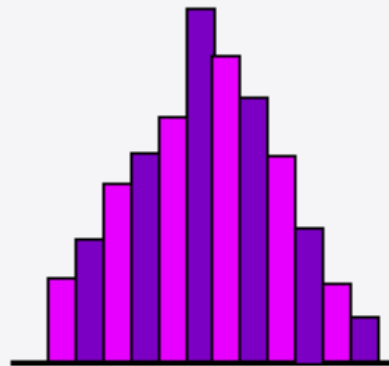
OBJETIVO: resumir um grande conjunto de dados, ressaltando suas características globais, tais como faixa de valores observados, dispersão e padrão (ou forma) de variação.



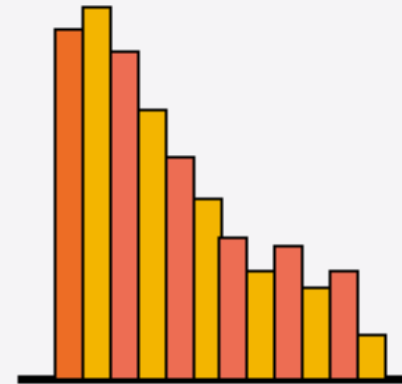
Tipos de Histograma



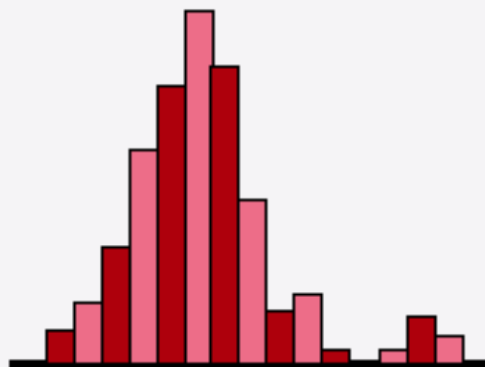
TIPO GERAL



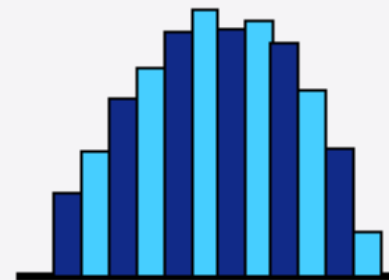
TIPO ASSIMÉTRICO



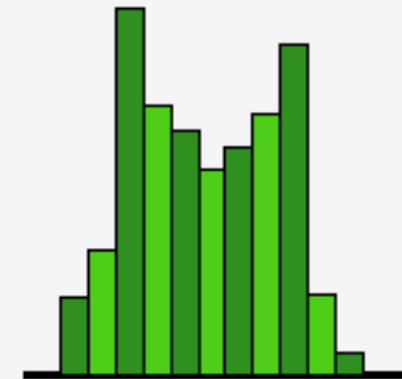
TIPO DESPENHADEIRO



TIPO PICO ISOLADO

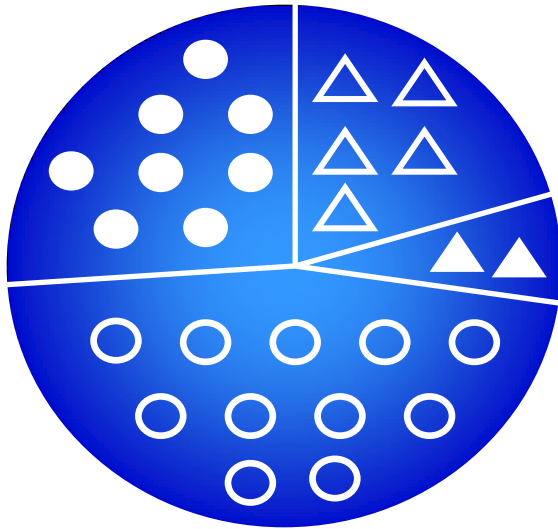


TIPO ACHATADO

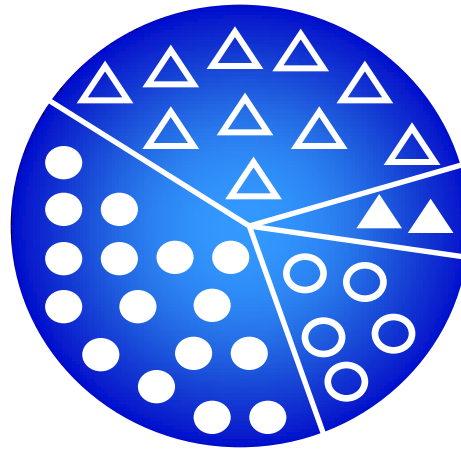


TIPO PICOS DUPLOS

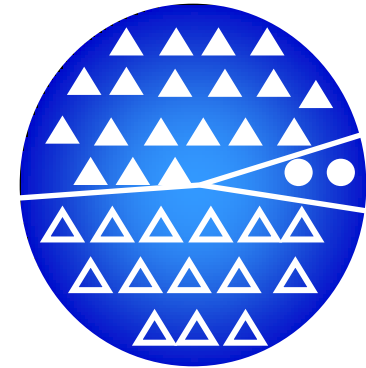
Custos da Qualidade



Empresa 1



Empresa 2



Empresa 3

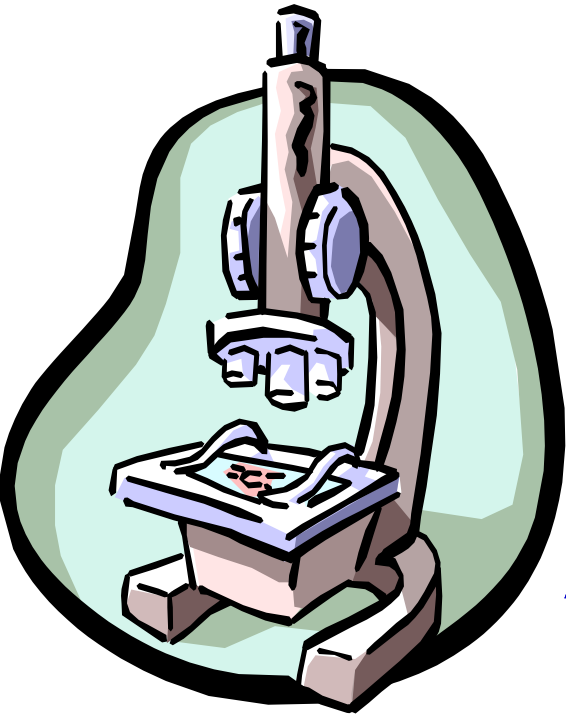
Custos com falhas externas ○

Custos com falhas internas ●

Custos com avaliação △

Custos com prevenção ▲

Variações no Processo

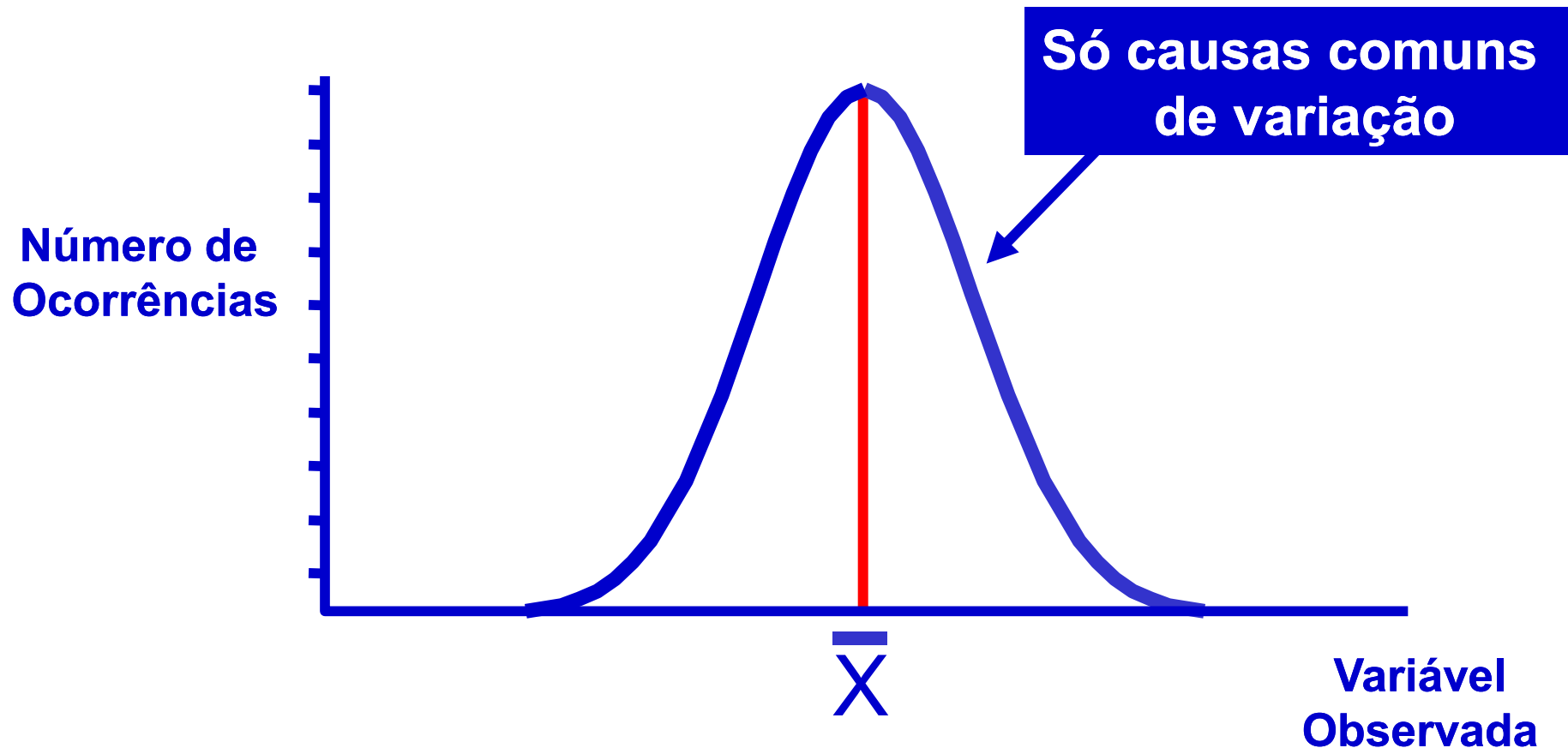


Dois produtos ou características nunca são exatamente iguais, pois qualquer processo contém muitas fontes de variabilidade.

As diferenças entre produtos podem ser grandes ou imensamente pequenas, mas elas estão sempre presentes.

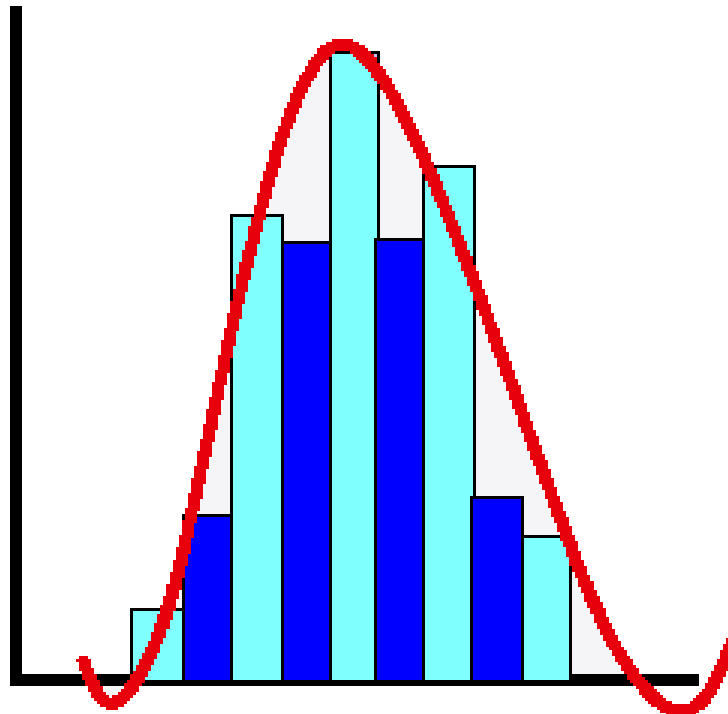
Variações no Processo

Distribuição Normal

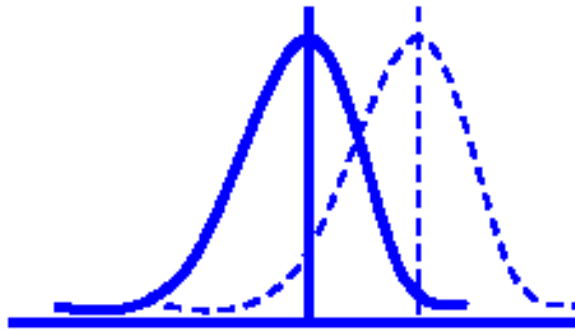


Distribuição Normal

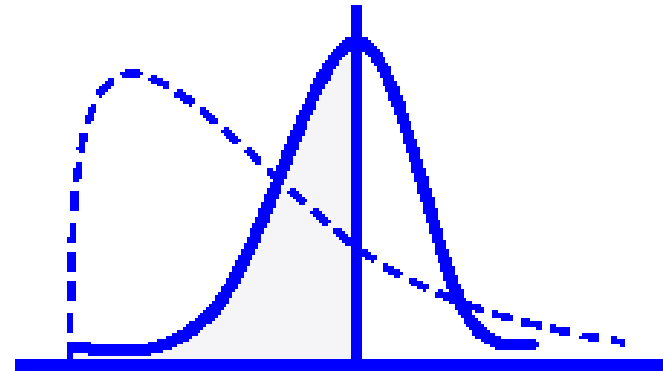
Um histograma representa a distribuição dos resultados observados em uma amostra ; a curva sobreposta sobre o histograma representa a distribuição de todos os resultados do processo , ou seja, da população. Essa curva em forma de sino é conhecida como distribuição normal.



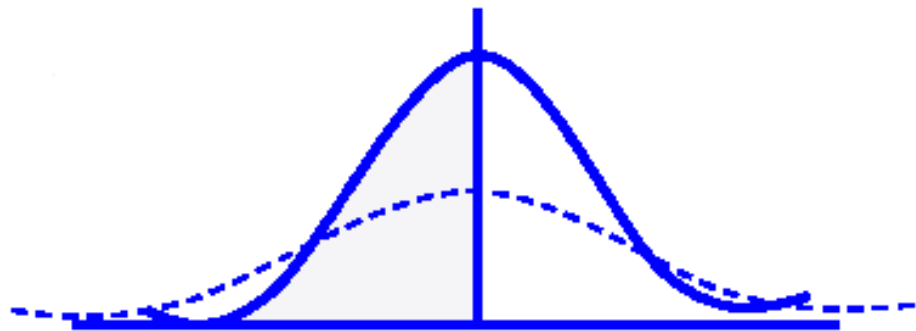
Variações no Processo



Localização



Forma



Dispersão

Exemplo de Variabilidade

O diâmetro de um eixo usinado pode variar devido a:

- **Máquina (folga, desgaste do rolamento);**
- **Ferramenta (esforço, desgaste);**
- **Material (diâmetro, dureza);**
- **Operador (precisão na centralização, alimentação da máquina);**
- **Manutenção (lubrificação, reposição de peças gastas);**
- **Meio Ambiente (temperatura, constância do fornecimento elétrico).**

Variações no Processo

Causas de Variação

Causas Comuns ou Aleatórias:

- **Variações inerentes ao processo**
- **Podem ser eliminadas somente através de melhorias no sistema**

Causas Especiais : indicam problemas no processo

- **Variações devidas a problemas identificáveis**
- **Podem ser eliminadas por ação local do operador**

Variações no Processo

Causas de Variação

Causas Comuns

Variações Inerentes

Origem Sistêmica

Engenheiro/Gerente

Solução a Longo Prazo

Capacidade

Atender à Faixa do Cliente

Causas Especiais

Variações Atípicas

Origem Local

Operador/Supervisor

Solução a Curto Prazo

Estabilidade

Previsibilidade

Variações no Processo

Nosso Problema



✓ **Controlar as Variações**

✓ **Entender suas Causas**

✓ **Prevenir Ocorrências**

A História do CEP

Em 1924, o matemático Walter Shewhart introduziu o controle estatístico de processo (CEP).



O que é CEP



O CEP é uma técnica estatística para controle do processo, durante a produção. Tem por objetivo principal, controlar e melhorar a qualidade do produto.

Coleta de Dados

Para promover a redução da variabilidade, deve-se conhecê-la bem. Isso só é possível através da coleta de dados.

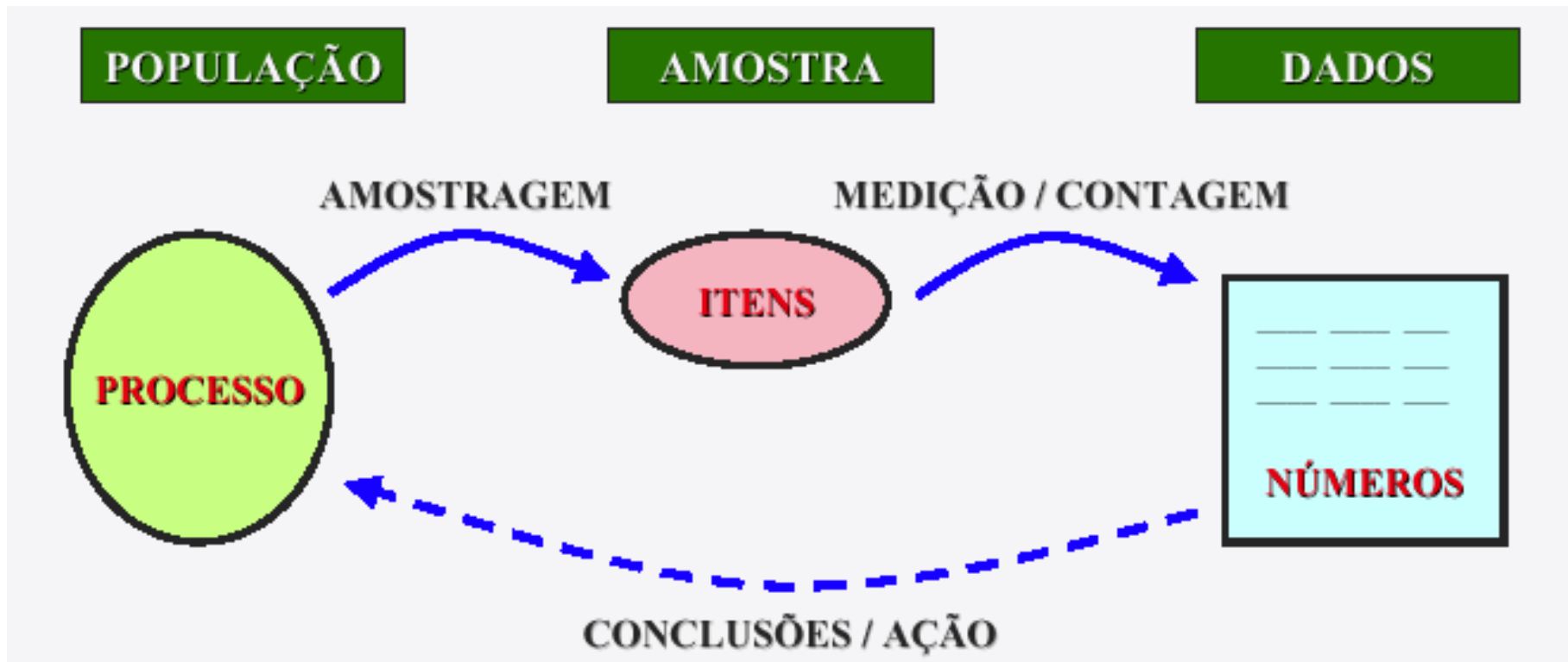
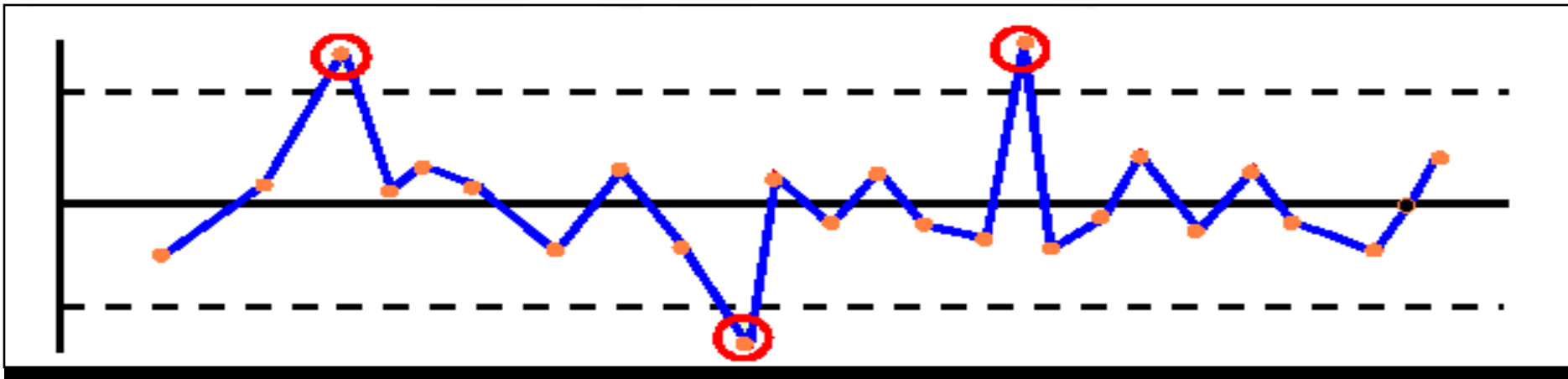


Gráfico Seqüencial

O QUE É: um gráfico dos dados ao longo do tempo.

OBJETIVO: é utilizado para pesquisar tendências nos dados ao longo da produção, o que poderia indicar a presença de causas especiais de variação.



Medidas de Centro e Variabilidade

- Usualmente necessitamos conhecer onde se localiza o centro dos dados e quão grande é a variação em torno desse centro.
- Os gráficos são muito úteis para se ter uma visão clara e objetiva dos dados mas, por vezes, torna-se necessário resumir os dados numa *forma numérica* .

Medidas de Centro e Variabilidade

Média aritmética (média):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n}$$

Amplitude (R):

$$R = \text{maior valor} - \text{menor valor}$$

Variância (s^2):

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})^2$$

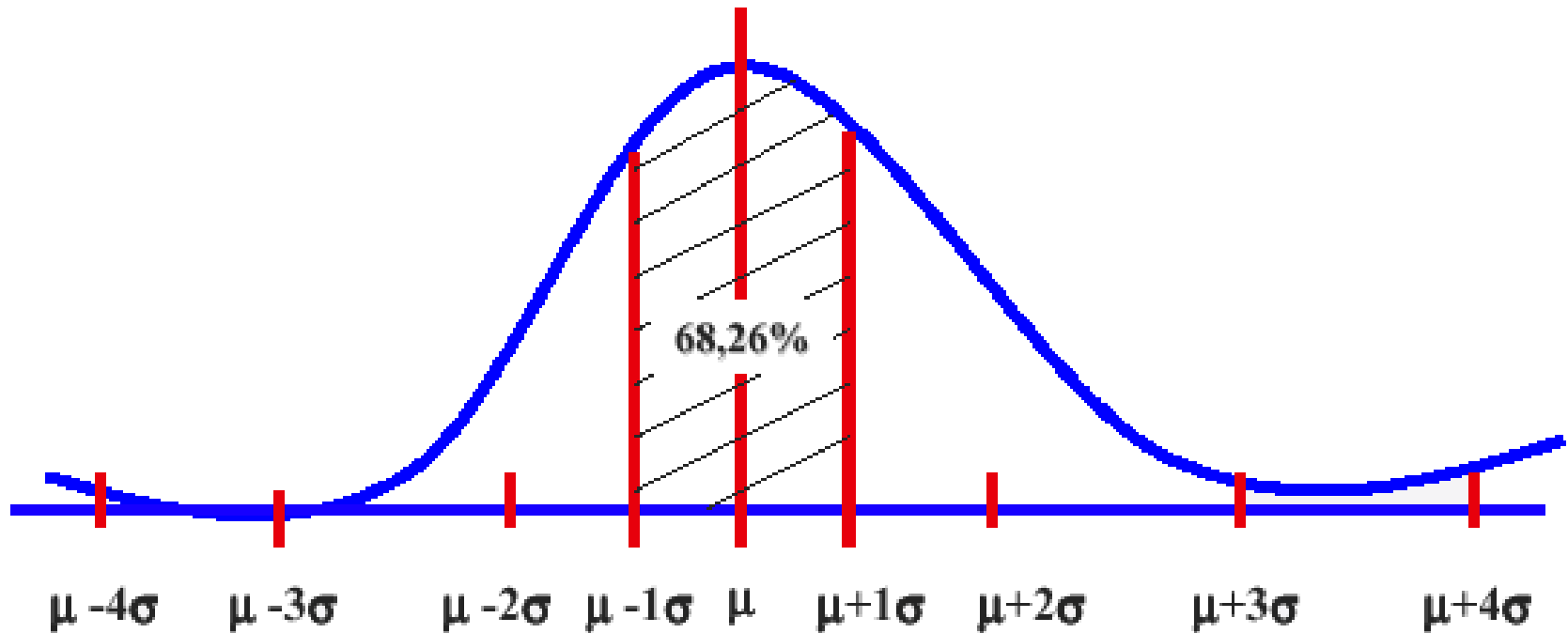
Desvio padrão (s):

$$s = \sqrt{s^2}$$

Faixa Característica do Processo

- A faixa característica de processo (FCP), ou faixa padrão, representa a faixa de valores que prevemos para a maioria dos resultados futuros do processo.
- Esperamos que 99,7% dos resultados caiam dentro desse intervalo.
- A amplitude deste intervalo, $6s$, quantifica a variação natural do processo.
- • $FCP = (\bar{x} - 3s; \bar{x} + 3s) = \bar{x} \pm 3s$

Faixa Característica do Processo



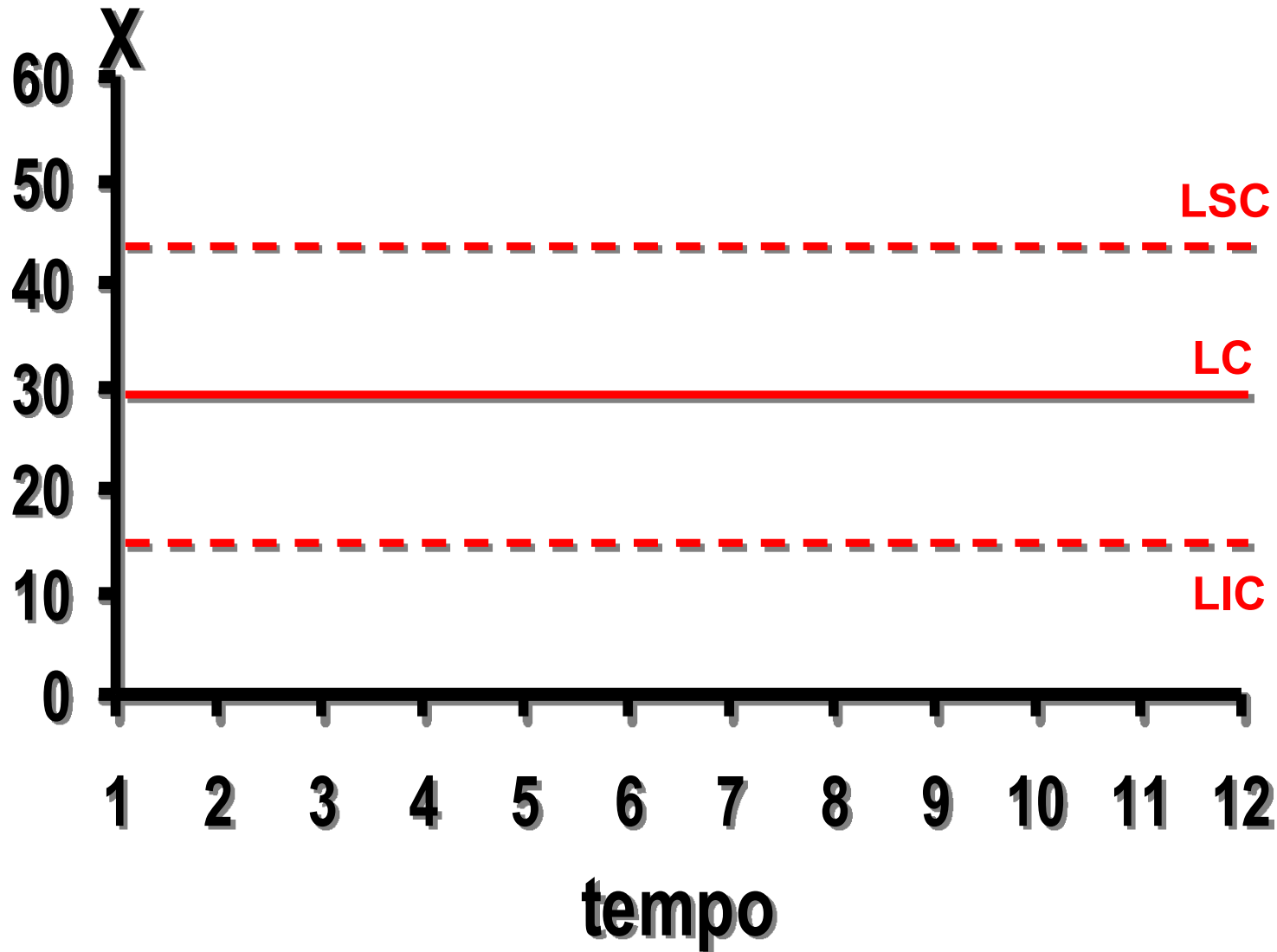
Intervalo	Probabilidade	
	Dentro	Fora
$\mu \pm 1\sigma$	68,26%	31,74%
$\mu \pm 2\sigma$	95,46%	4,54%
$\mu \pm 3\sigma$	99,73%	0,27%
$\mu \pm 4\sigma$	99,9936%	0,0064%

Tópicos Principais do CEP

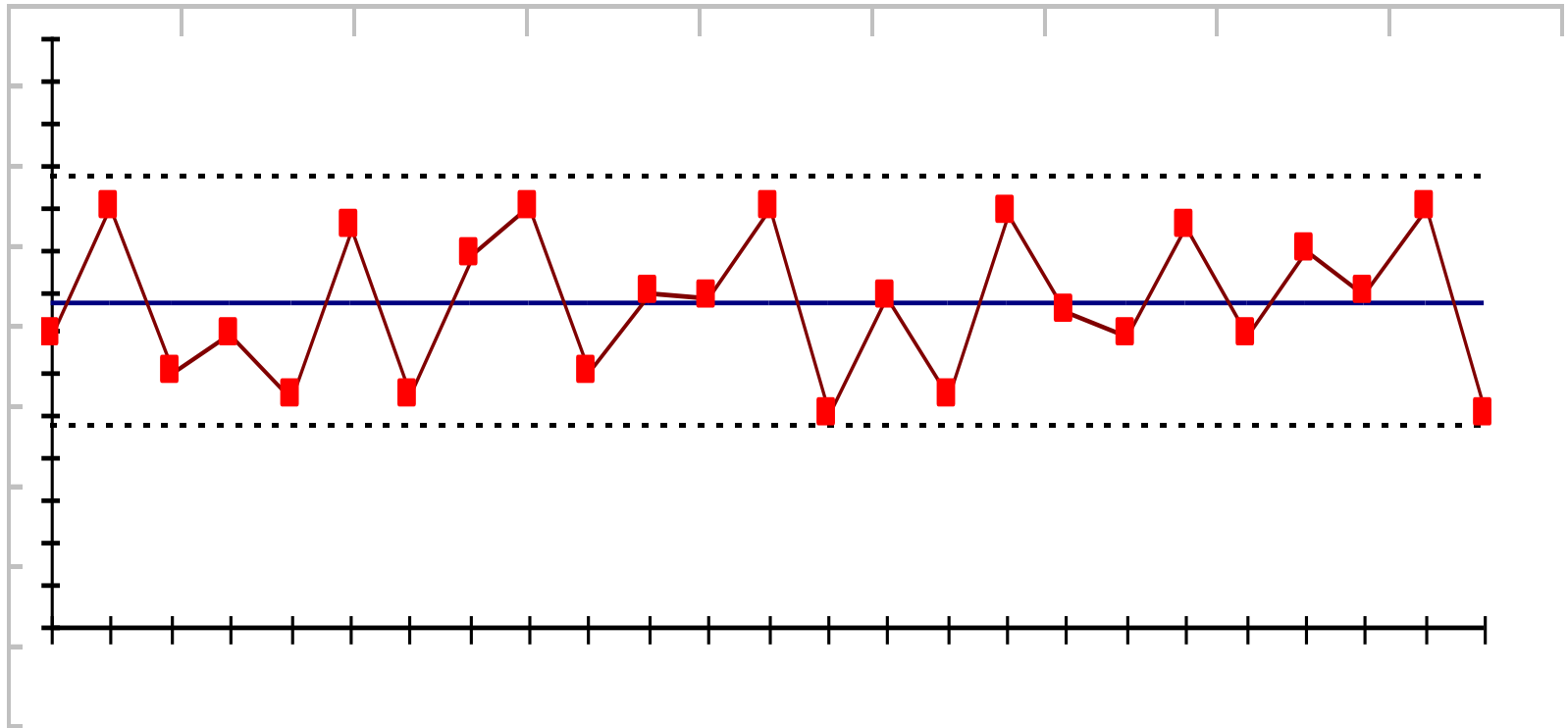
Utiliza cartas de controle para verificar se alguma parte do processo produtivo não está funcionando adequadamente e pode causar má qualidade

Carta de Controle : é um gráfico que estabelece os limites de controle do processo.
A carta de controle mostra mudanças no padrão do processo

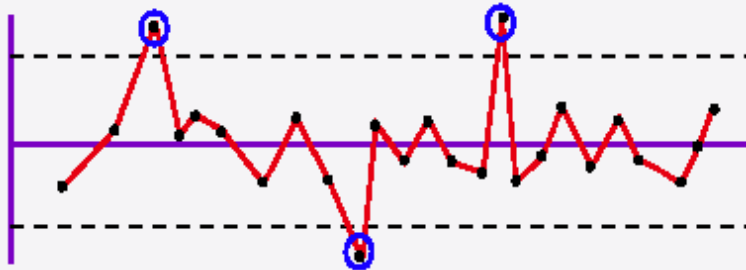
A Carta de Controle



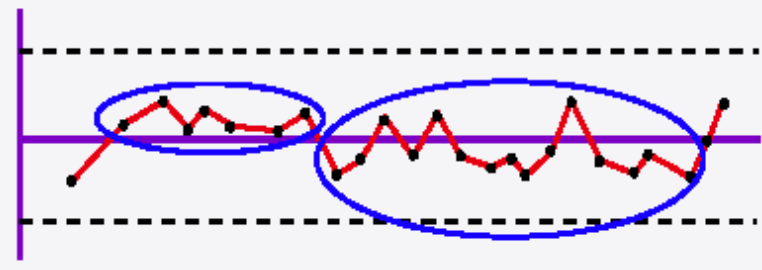
A Carta de Controle



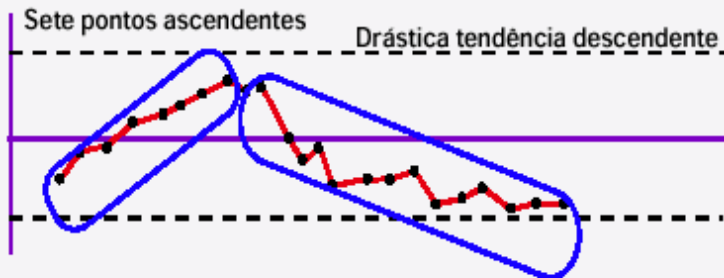
Aspectos da Carta de Controle



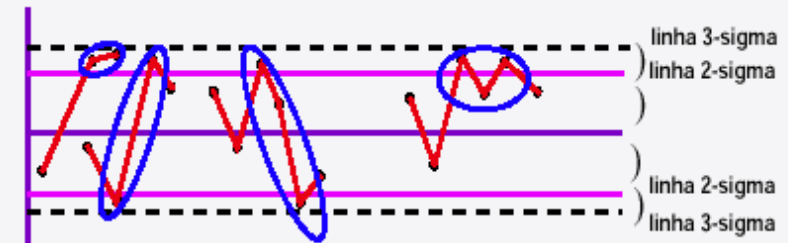
PONTOS FORA DOS LIMITES DE CONTROLE



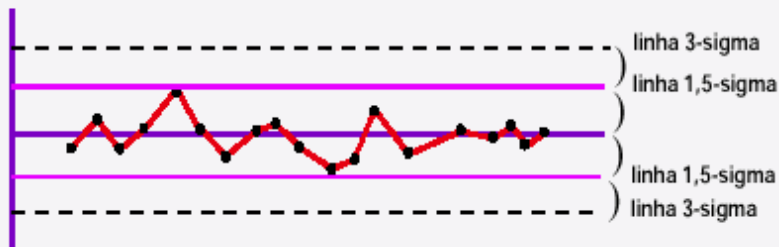
SEQUÊNCIA



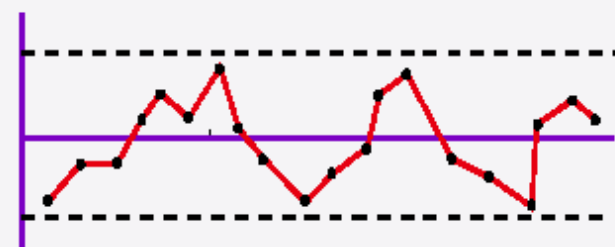
TENDÊNCIA



PROXIMIDADE DOS LIMITES DE CONTROLE

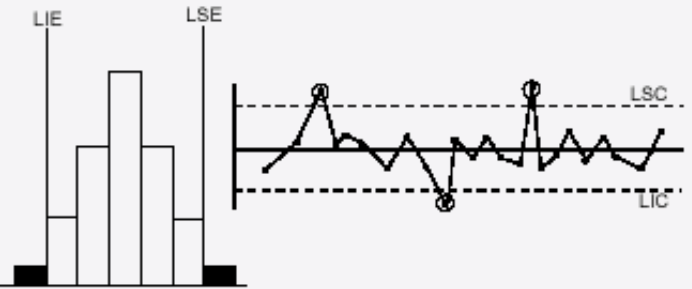
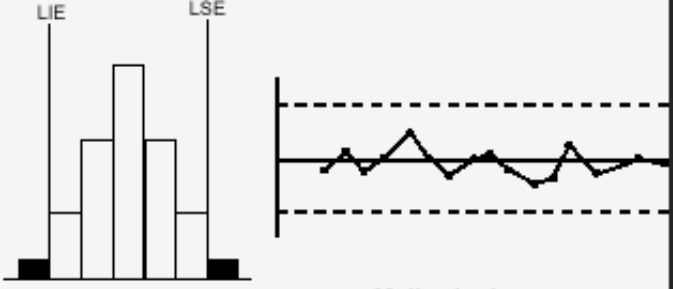
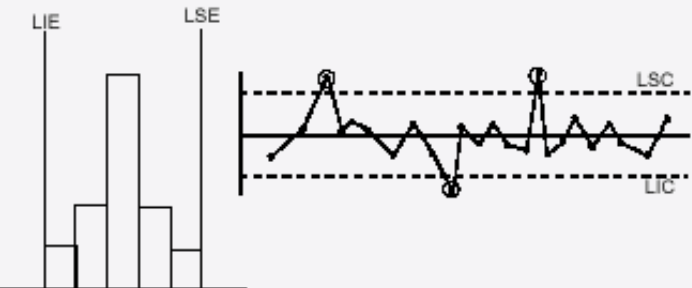
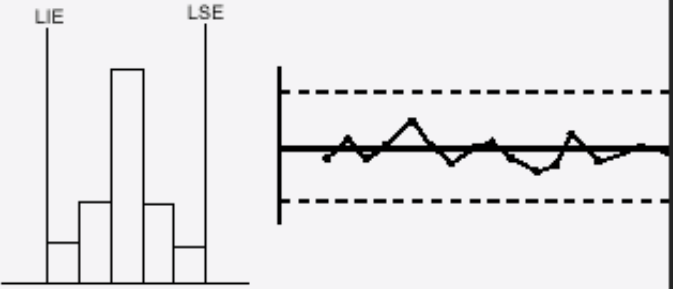


PROXIMIDADE DA LINHA CENTRAL



PROCESSO SOB CONTROLE

Limites de Controle e Limites de Especificação

Gráfico de Controle Histograma	Fora de Controle	Sob Controle
Não atende à Especificação	(1) 	(3)  Melhoria do processo
Atende à Especificação	(2) 	(4) 

Capacidade do Processo

- Os estudos de capacidade do processo tem por objetivo verificar se um processo estatisticamente estável atende às especificações de engenharia do produto ou se há geração de itens não conformes.
- Esta análise costuma ser efetuada mediante cálculo e interpretação de índices específicos para essa finalidade.

Índice C_p

- Este índice compara a variabilidade total permissível para as peças (ou tolerância de especificação) com a variabilidade do processo de fabricação (tolerância natural).
- Para o processo ser capaz o valor deste índice não pode ser inferior a 1,33.

$$C_p = \frac{TOL}{6.\sigma} = \frac{LSE - LIE}{6. \sigma}$$

Índice C_k

- É recomendado o seu uso quando se estiver trabalhando com especificações unilaterais, ou quando a média do processo não puder ser deslocada (impossibilidade física ou custo excessivo).
- Com este índice, além de se avaliar a variabilidade total permissível para as peças com a tolerância natural de fabricação, verifica-se também a centralização do processo com relação aos limites (superior e inferior) da especificação.
- O valor deste índice deve ser igual ou superior a 1, 33 para que o processo seja considerado capaz.

Índice C_k

$$C_{pk} = \text{Mín} \{C_{pi}, C_{ps}\}$$

$$C_{pi} = \frac{\mu - \text{LIE}}{3 \cdot \sigma}$$

$$C_{ps} = \frac{\text{LSE} - \mu}{3 \cdot \sigma}$$

Classificação do Processo Segundo o C_p

Nível do Processo	C_p	Proporção de Não Conformidade	Histograma Típico
Capaz	$C_p \geq 1,33$	$p \leq 64 \text{ ppm}$	The histogram shows a narrow, bell-shaped distribution of data points. The specification limits, LIE (Lower Internal Specification) and LSE (Lower External Specification), are marked on the x-axis. The entire distribution is contained within these limits, indicating a high level of process capability.
Razoável	$1 \leq C_p < 1,33$	$64\text{ppm} < p \leq 0,27\%$	The histogram shows a wider distribution of data points compared to the capable process. While most data points are within the specification limits (LIE and LSE), there is a small portion of the distribution that is slightly wider, indicating a moderate level of process capability.
Incapaz	$C_p < 1$	$P > 0,27\%$	The histogram shows a very wide distribution of data points. A significant portion of the data falls outside the specification limits (LIE and LSE), indicating a low level of process capability and a high rate of non-conformance.

Implementação do CEP

ETAPA 1. Identificação do projeto piloto.

Nesta etapa é selecionada a área para o início de implementação do CEP. A área escolhida deve apresentar problemas que justifiquem a utilização dos gráficos de controle e os benefícios em termos de aumento de produtividade e redução de custos devem ser levantados.

ETAPA 2. Elaboração do fluxograma de processo

Nesta etapa é preparado um fluxograma de processo para a identificação dos pontos e parâmetros críticos do processo onde serão utilizados os gráficos de controle.

Implementação do CEP

ETAPA 3 .Definir cronograma do projeto piloto.

Esta etapa ajuda o coordenador do projeto na tarefa de acompanhamento do andamento e verificação dos resultados. Podem ser adotados documentos para registro das atividades pendentes e resultados obtidos.

ETAPA 4. Identificação e solução de problemas da área piloto.

Esta é a primeira etapa efetiva da implementação do CEP, nela são levantados os principais problemas da área piloto, os quais com a utilização das ferramentas básicas da qualidade (diagrama de causa-efeito, Pareto) são eliminados.

Implementação do CEP

ETAPA 5 .Seleção do tipo de gráfico de controle a ser utilizado.

Nesta etapa é definido o tipo de gráfico de controle que vai ser utilizado no processo, se a decisão for pela utilização de gráficos por atributos, deve-se partir para a etapa sete, caso a decisão seja pela utilização de gráficos por variáveis deve ser realizada a etapa 6.

ETAPA 6 .Avaliação da Capacidade do processo.

Esta etapa que indica se o processo já está apto para a utilização dos gráficos de controle, se o processo for capaz deve-se partir para a etapa 7, se o processo não for capaz deve-se voltar a etapa 4

Implementação do CEP

ETAPA 7. Elaboração de procedimento para uso do gráfico de controle.

Nesta etapa são estabelecidas as responsabilidades das pessoas envolvidas com os gráficos de controle, incluindo as atividades de registro e monitoramento dos gráficos de controle.

Construção do Histograma

ETAPA 1 .Cálculo da Amplitude (R)

R= Maior Valor - Menor Valor

Obter o maior valor e o menor valor de cada linha ou coluna e depois com os dados selecionados obter o menor valor e o maior valor da amostra.

ETAPA 2. Determinar os intervalos das classes .

Os intervalos das classes são determinados de forma que todos os dados sejam incluídos, para isto basta dividir a amplitude da amostra em intervalos de mesmo valor.

Construção do Histograma

ETAPA 3. Preparar tabela para registro das freqüências de ocorrência.

ETAPA 4. Determinar os limites dos intervalos de classe.

O intervalo de classe deverá ser aberto á esquerda ou a direita. Observar se todos os valores da amostra foram classificados.

ETAPA 5. Obter a freqüência em cada intervalo de classe.

ETAPA 6. Construir o Histograma

Escala horizontal: Valores da variável; Escala vertical: freqüências.

Construção da Carta das Médias e Amplitudes

ETAPA 1. Coletar os dados

Dividir os dados em sub-grupos (com no máximo 10 dados)

ETAPA 2. Calcular a média de cada sub- grupo

ETAPA 3. Calcular a média das médias.

ETAPA 4. Calcular a amplitude de cada sub- grupo.

ETAPA 5. Calcular a média das amplitudes.

ETAPA 6. Calcular os limites de controle

ETAPA 7. Plotar os pontos nos gráficos

Controle Estatístico de Processos

Fim

