



Engenharia de Produção



Engenharia da Qualidade II

Prof. Dr. Fabrício Maciel Gomes

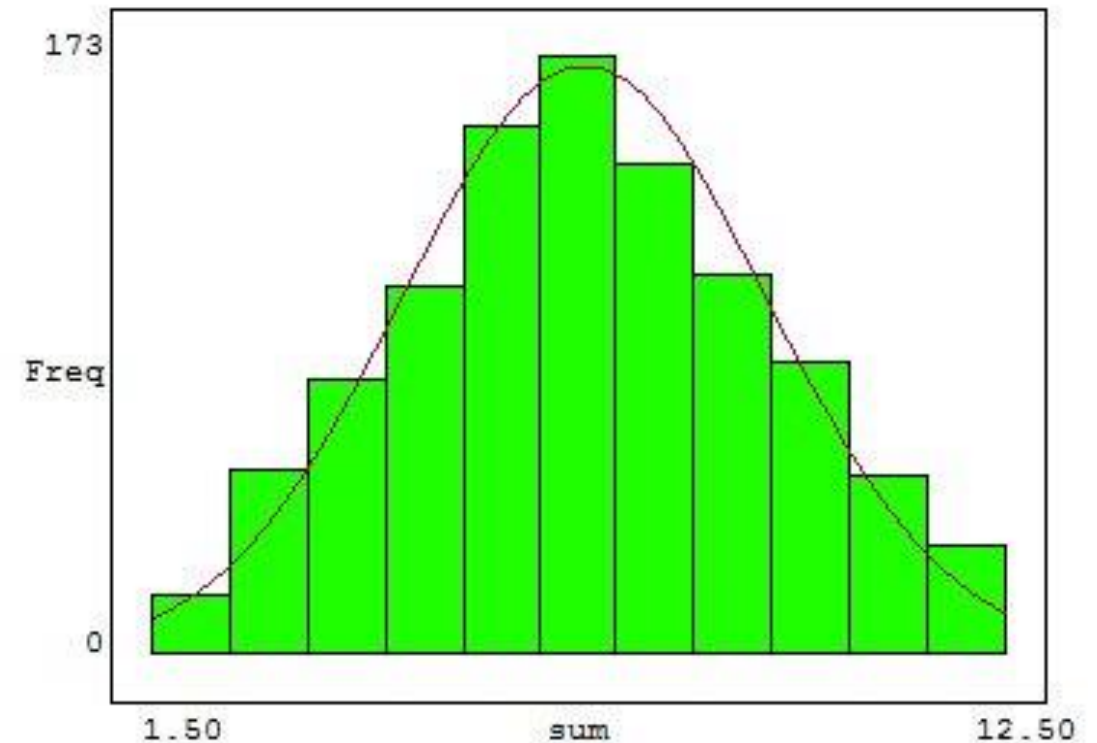
Objetivos de um Processo



Produzir um produto que **satisfaça** totalmente as expectativas do cliente.

“Todo processo apresenta variações”

Deming: “não se melhora a qualidade através da inspeção. Ela já vem com o produto quando este deixa a máquina antes de inspecioná-lo”



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.



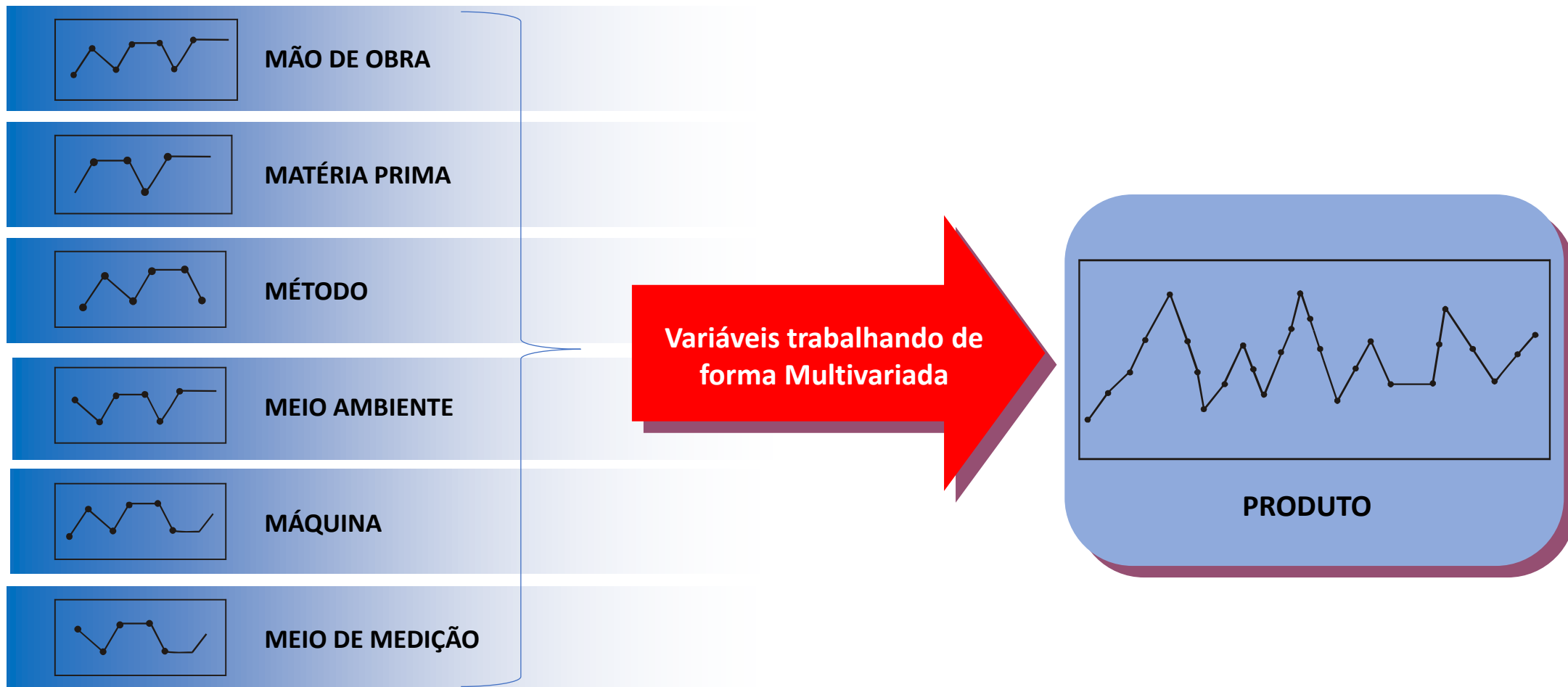
Exemplo de Variabilidade



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).

Principais Fontes de Variação





Variações no Processo



Causas de Variação

Causas Comuns ou Aleatórias:

- Variações inerentes ao processo
- Podem ser “eliminadas” somente através de melhorias no Sistema
- Ações Gerenciais: **85%** das necessidades

Causas Especiais :

- Indicam problemas no processo Variações devidas a problemas identificáveis
- Podem ser eliminadas por Ação Local do operador: **15%** das necessidades



Variações no Processo



Causas Comuns

Variações Inerentes

Origem Sistêmica

Engenheiro/Gerente

Solução a Longo Prazo

Capacidade

Atender à Faixa do Cliente

Causas Especiais

Variações Atípicas

Origem Local

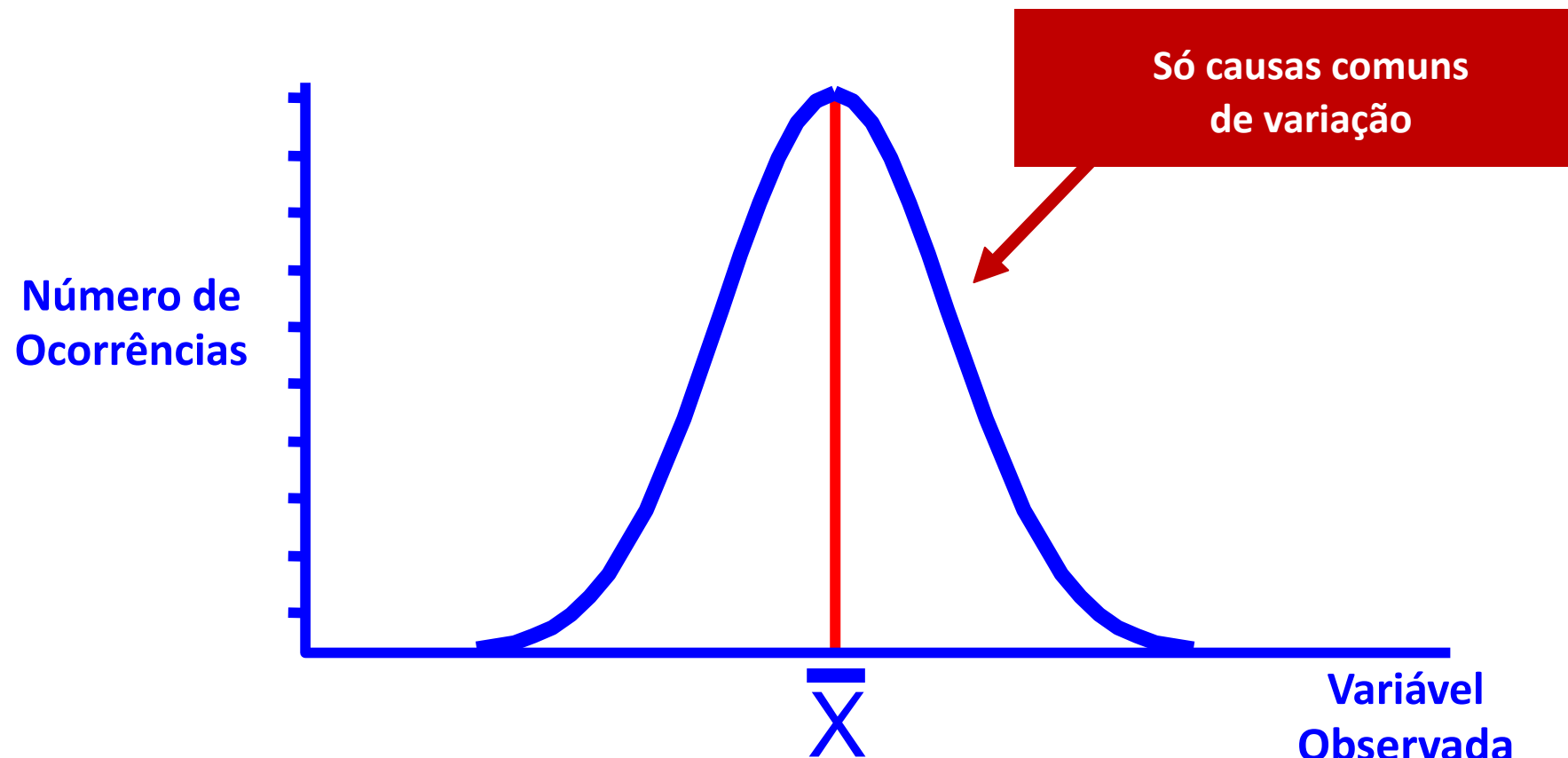
Operador/Supervisor

Solução a Curto Prazo

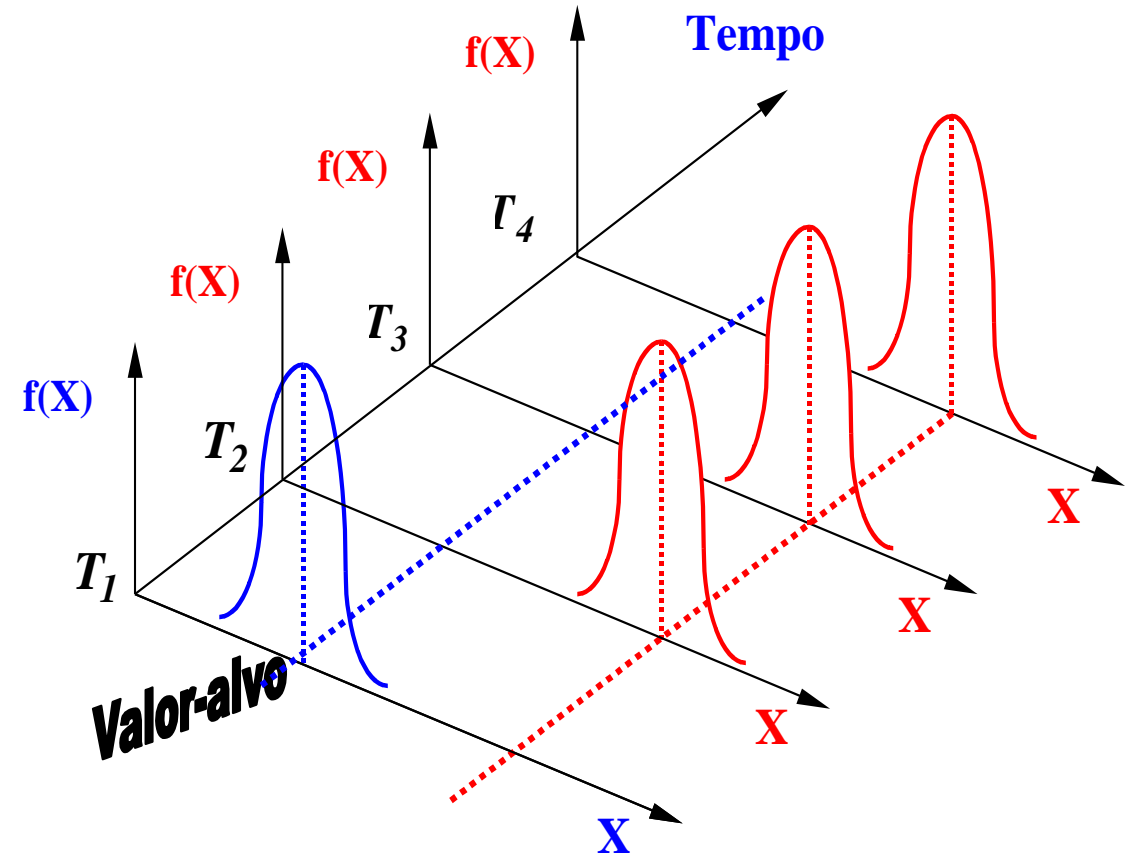
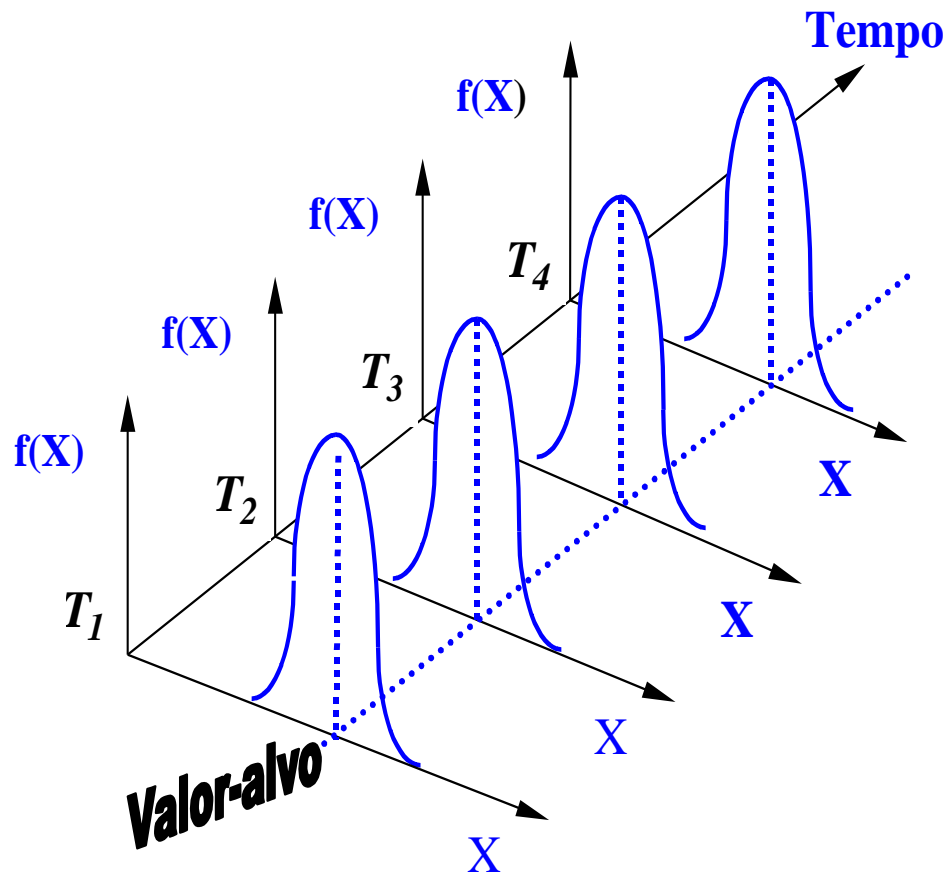
Estabilidade

Previsibilidade

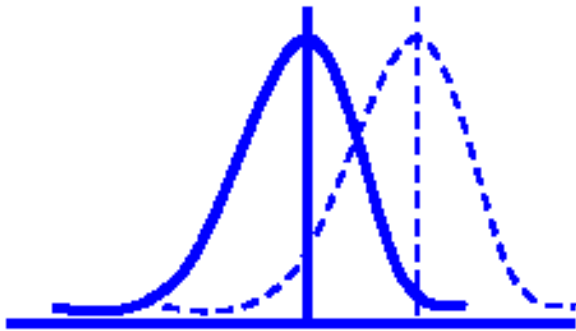
Distribuição Normal



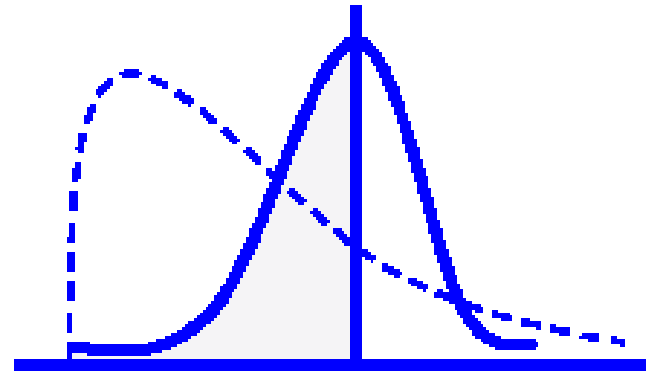
Variações no Processo



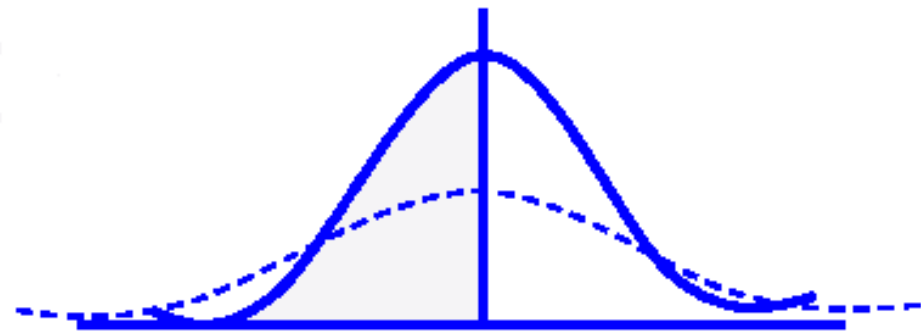
Variações no Processo



Varição de Média

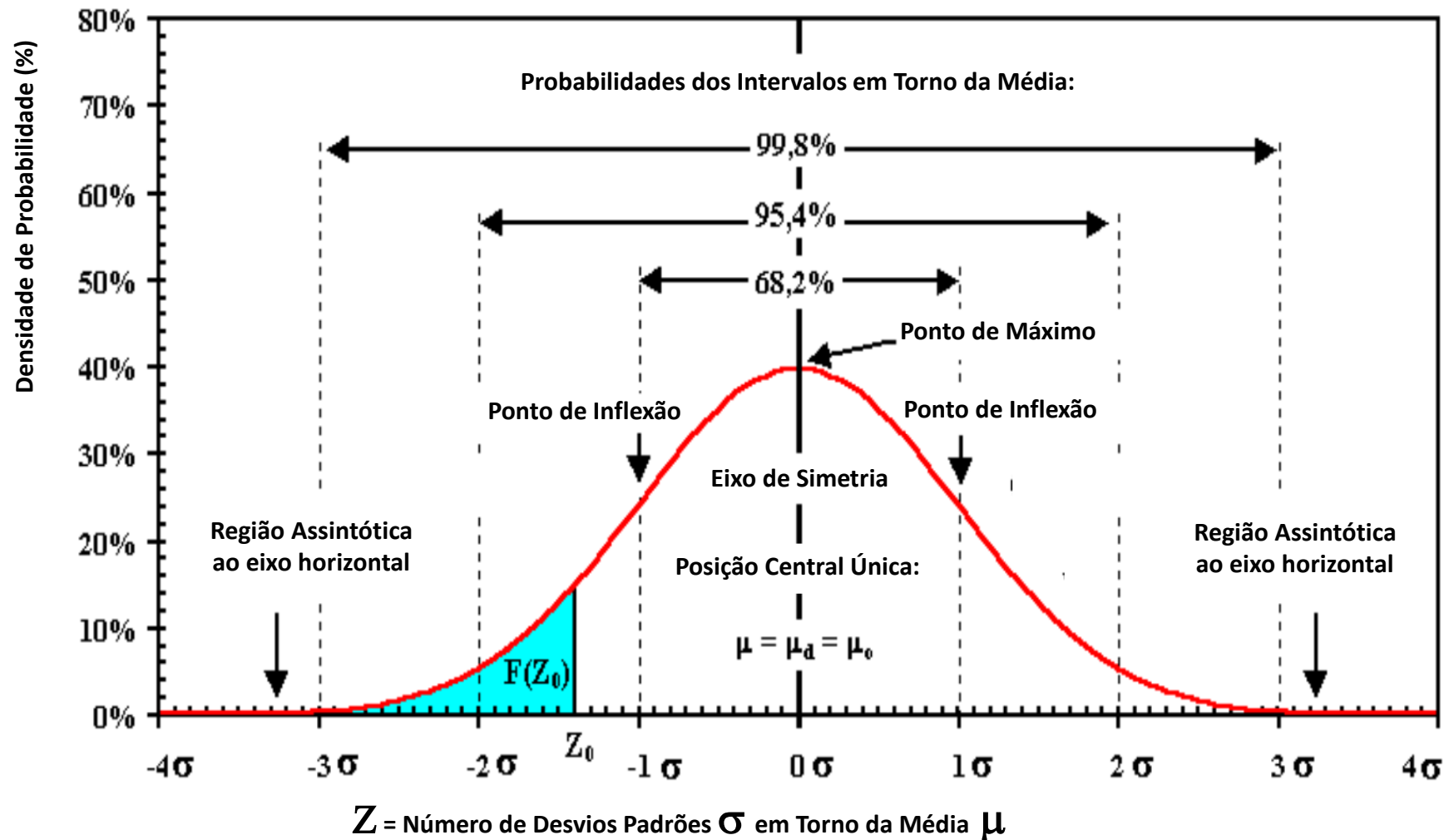


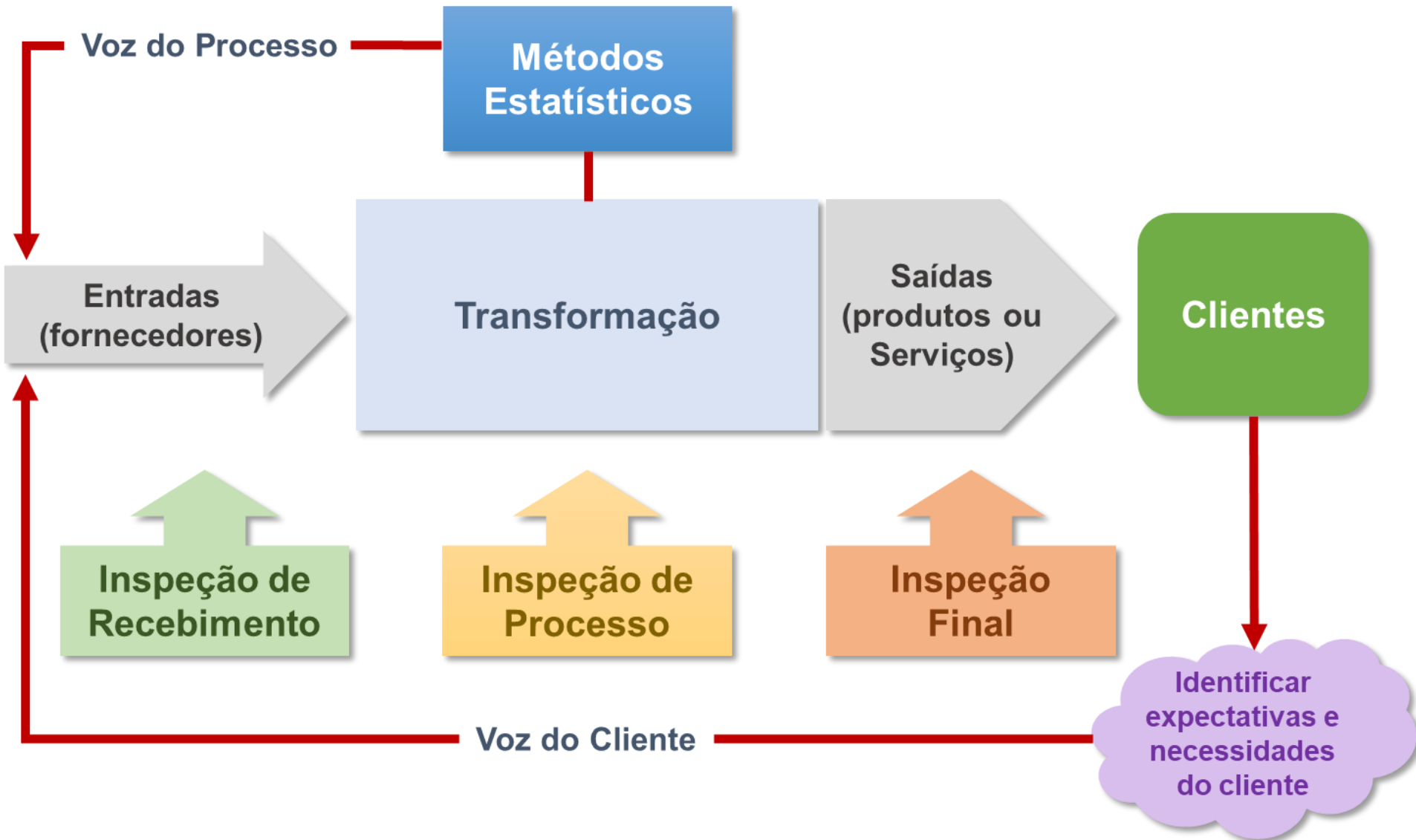
Varição de Forma



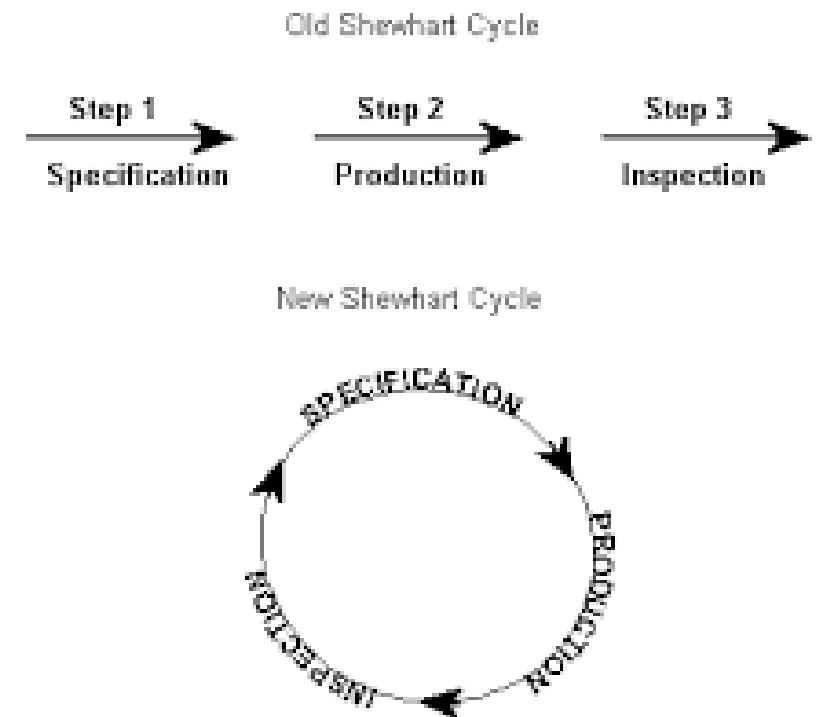
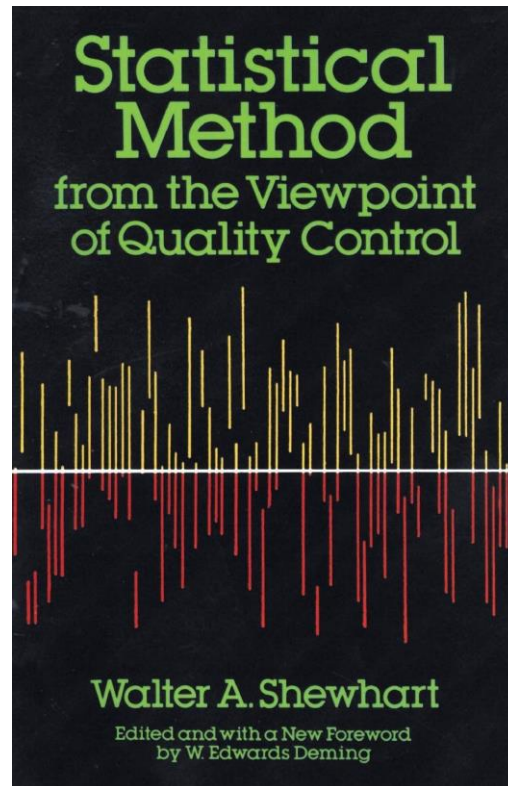
Varição do Desvio Padrão

Características de uma Variável Normal





Em 1924, o matemático **Walter Shewhart** introduziu o Controle Estatístico de Processo (**CEP**).



O que é o 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.





Gráficos de Controle



- **Ideia:** incorporar o uso de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas
- **Princípio geral:** determinar quando o processo se afasta do estado de controle e as ações corretivas que devem ser tomadas
- **Variação excessiva= maior inimiga da qualidade**



Gráficos de Controle

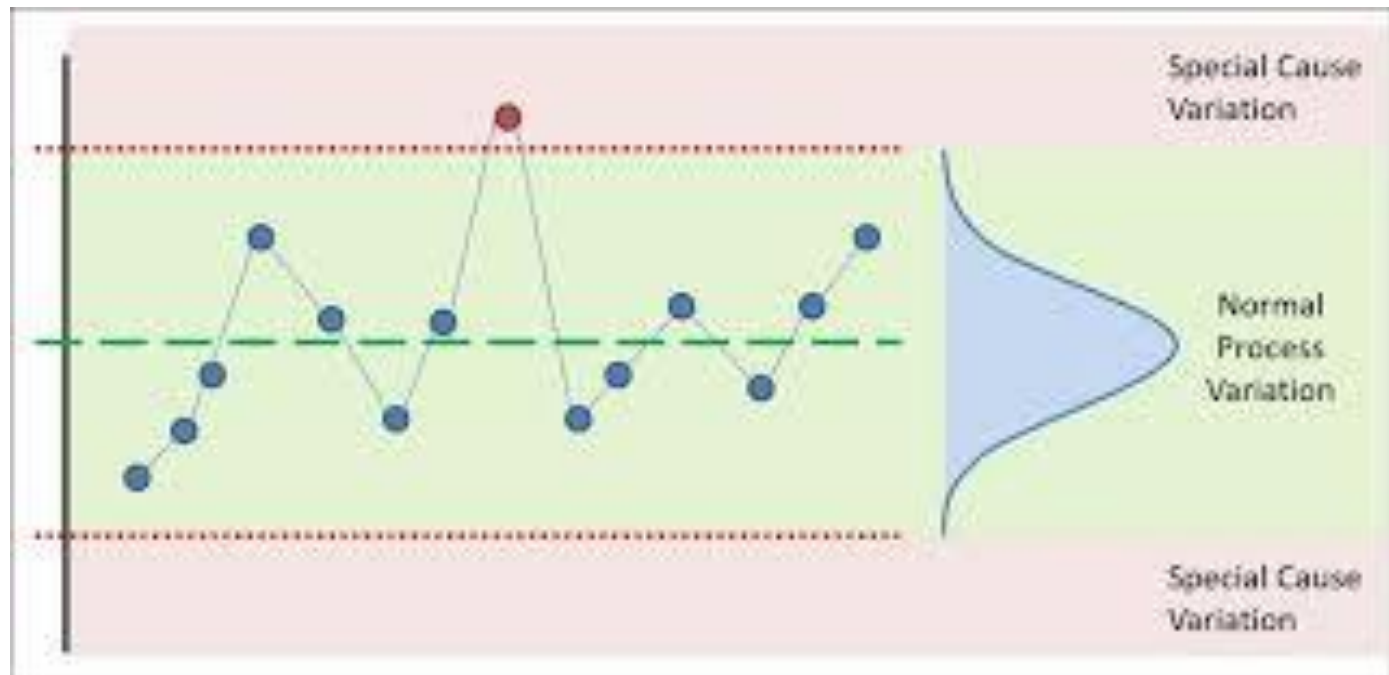


- A faixa característica de processo (FCP), ou faixa padrão, representa a faixa de valores que prevemos para a maioria dos resultados futuros do processo.
- Esperamos que 99,73% dos resultados caiam dentro desse intervalo.
- A amplitude deste intervalo, $6s$, quantifica a variação natural do processo.
- $FCP = (x - 3s; x + 3s) = x \pm 3s$

O que é um Gráfico de Controle

Um Gráfico de Controle é um gráfico seqüencial desenvolvido especialmente para ajudar a identificar padrões anormais de variabilidade em um processo. Os gráficos \bar{X} e R são as gráficos de controle mais utilizadas.

A estrutura geral de um gráfico de controle é mostrado abaixo



Calculando os Limites

$$LSC = \mu + 3\sigma$$

Plano amostral

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + 3s$$

Entretanto:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$



Gráficos de Controle



Utilizando o conceito de distribuição de médias amostrais

$$E(\bar{X}) = \mu_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$$

Portanto:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma$$

$$Var(\bar{X}) = \frac{Var(X)}{n}$$

Utilizando o conceito de distribuição de médias amostrais

$$\text{Var}(\bar{X}) = \frac{\text{Var}(X)}{n} = \frac{\sigma_{\bar{X}}^2}{n}$$

Portanto:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\sigma_{\bar{X}}}{\sqrt{n}}$$

Realizando aproximações

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Fator tabelado
em função do
tamanho da
amostra

Substituindo:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$$

Fator constante

A_2 = Tabelado em função do
tamanho da amostra

Substituindo novamente

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$$

Analogamente

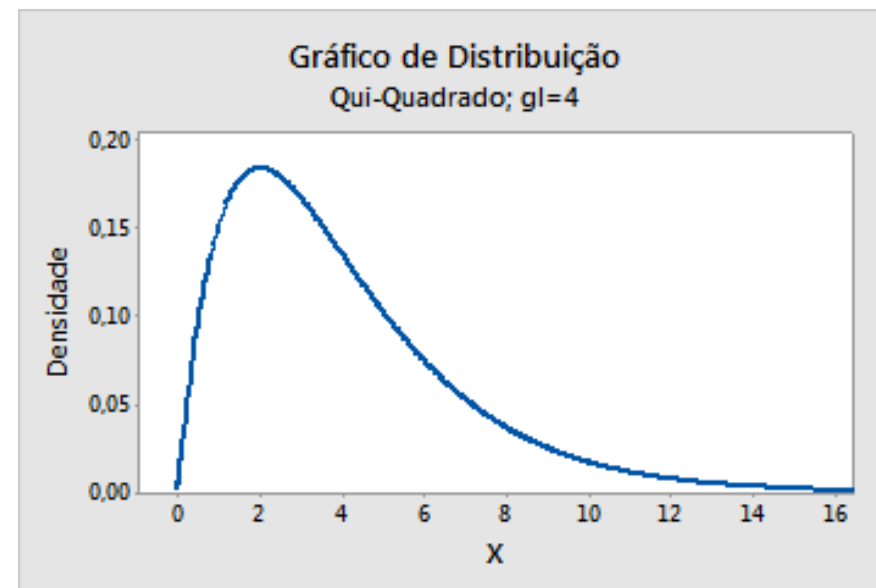
$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$$

Gráficos de Controle para Amplitudes

$$LSC_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \cdot \bar{R}$$

Fatores D_3 e D_4 tabelado em função do tamanho da amostra



Constantes para cálculo dos limites de controle

n	Gráfico para Média			Gráfico para Desvio Padrão						Gráfico para Amplitude						
	Fatores para Limite de Controle			Fatores para Linha Central		Fatores para Limite de Controle				Fatores para Linha Central		Fatores para Limite de Controle				
	A	A ₂	A ₃	c ₄	1/c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2,121	1,880	2,659	0,798	1,253	0,000	3,627	0,000	2,606	1,128	0,887	0,953	0,000	3,686	0,000	3,267
3	1,732	1,023	1,954	0,886	1,128	0,000	2,568	0,000	2,276	1,693	0,591	0,888	0,000	4,358	0,000	2,575
4	1,500	0,729	1,628	0,921	1,085	0,000	2,266	0,000	2,088	2,059	0,486	0,880	0,000	4,698	0,000	2,282
5	1,342	0,577	1,427	0,940	1,064	0,000	2,089	0,000	1,964	2,326	0,430	0,864	0,000	4,918	0,000	2,115
6	1,225	0,483	1,287	0,952	1,051	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,395	0,848	0,000	5,078	0,000	2,004
7	1,134	0,419	1,182	0,959	1,042	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,370	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,061	0,373	1,099	0,965	1,036	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,351	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,000	0,337	1,032	0,969	1,032	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,337	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	0,949	0,308	0,975	0,973	1,028	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,325	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,285	0,927	0,975	1,025	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,315	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	0,866	0,266	0,886	0,978	1,023	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,307	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717
13	0,832	0,249	0,850	0,979	1,021	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,300	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	0,802	0,235	0,817	0,981	1,019	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,294	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672
15	0,775	0,223	0,789	0,982	1,018	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,288	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
16	0,750	0,212	0,763	0,984	1,017	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,283	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637
17	0,728	0,203	0,739	0,985	1,016	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,279	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622
18	0,707	0,194	0,718	0,985	1,015	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,275	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608
19	0,688	0,187	0,698	0,986	1,014	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,271	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597
20	0,671	0,180	0,680	0,987	1,013	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,268	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585
21	0,655	0,173	0,663	0,988	1,013	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,265	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575
22	0,640	0,167	0,647	0,988	1,012	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,262	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,162	0,633	0,989	1,011	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,259	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,612	0,157	0,619	0,989	1,011	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,257	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548
25	0,600	0,153	0,606	0,990	1,011	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,254	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541



Gráficos de Controle



CONSTRUÇÃO DO GRÁFICO DE MÉDIA E AMPLITUDE

ETAPA 1. Coletar os dados

Dividir os dados em sub-grupos (com no máximo 10 dados -normalmente 5)

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

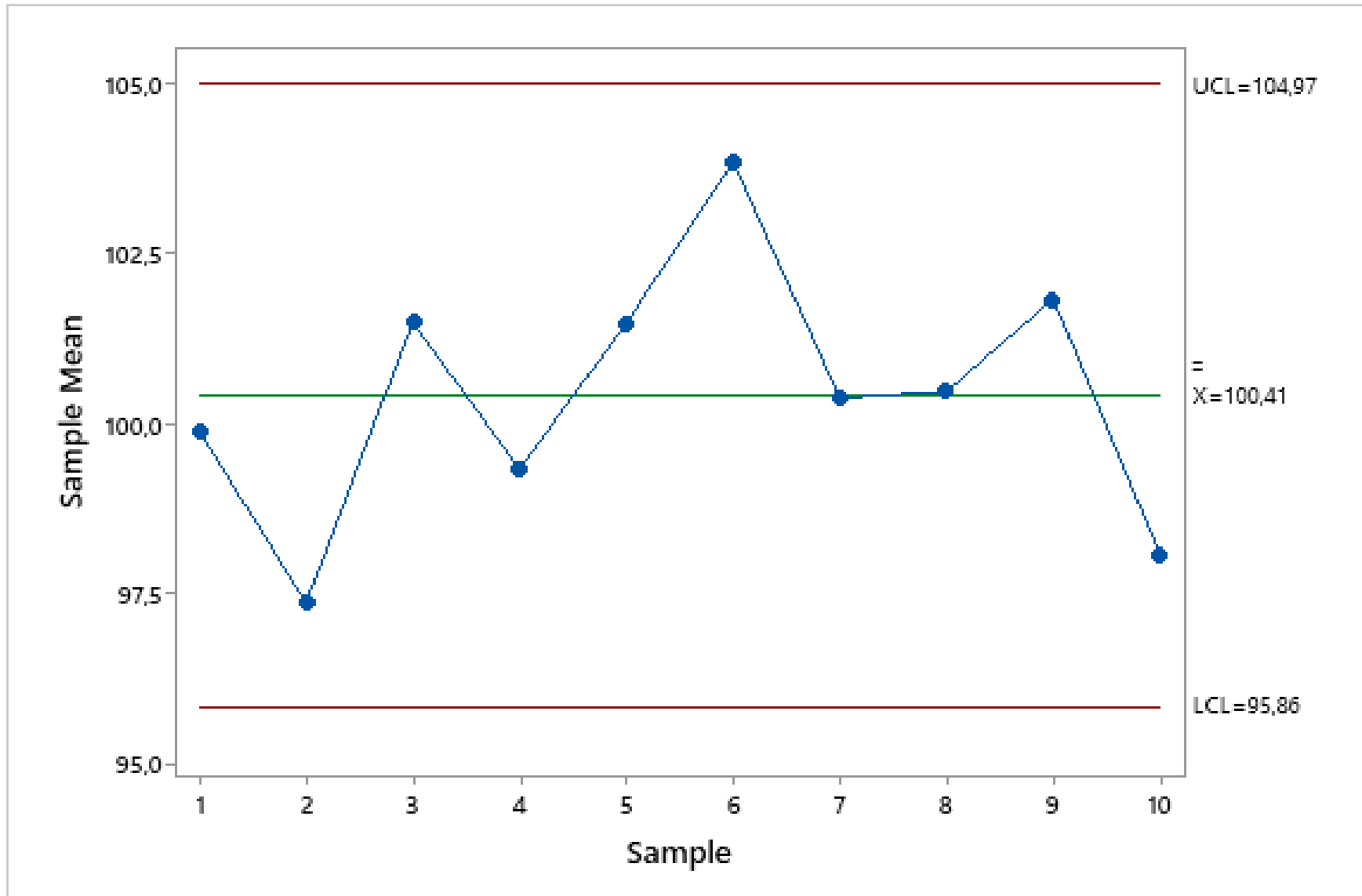
Coletando os dados

Lote	Amostras						R
	X1	X2	X3	X4	X5		
1	99	100	97	101	102	100	5
2	95	103	93	101	95	97	10
3	105	99	101	102	100	101	5
4	102	99	98	97	101	99	5
5	101	101	106	98	102	101	8
6	105	97	108	104	105	104	11
7	96	100	108	97	101	100	12
8	98	104	99	99	102	100	6
9	108	104	97	98	102	102	11
10	100	100	98	92	99	98	8
Média						100	8

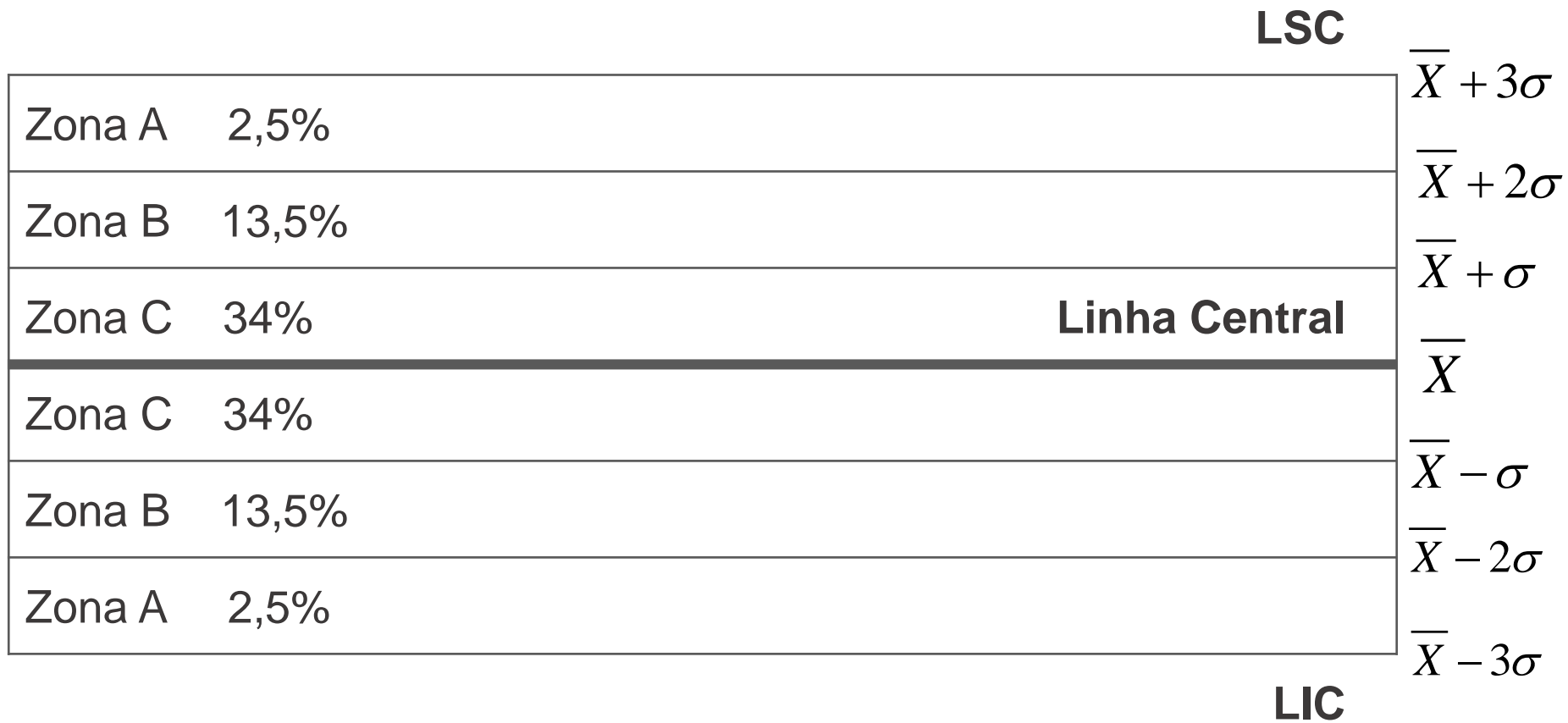
$$\bar{\bar{X}} = 100$$

$$\bar{R} = 8$$

Gráficos de Controle



LSC = Limite Superior de Controle



LIC = Limite Inferior de Controle



Gráficos de Controle



Quando usar um Gráfico de Controle

Use um Gráfico de Controle para monitorar dados temporais para uma característica particular da qualidade, como por exemplo: a cor de um produto, o peso ou a temperatura.

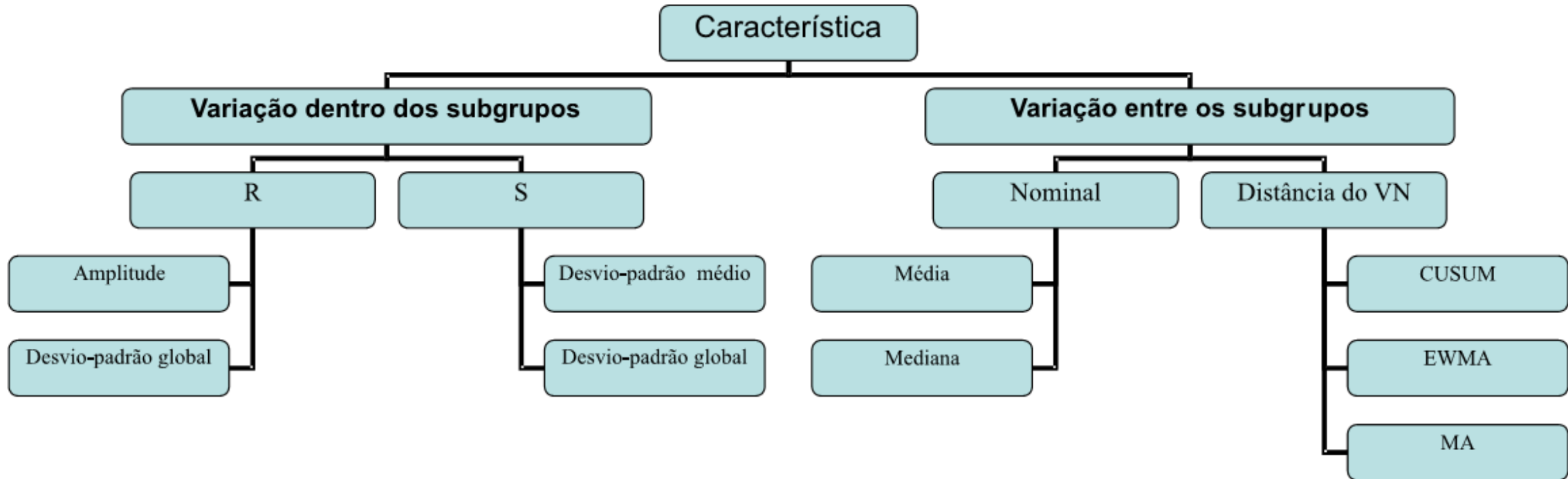
Por que usar um Gráfico de Controle

Use um Gráfico de Controle para detectar mudanças no processo ao longo do mesmo.

Use o Gráfico de Controle para responder perguntas tais como:

- a) São os lotes de matéria-prima ou a variação de turno que causam a variação de processo?
- b) São causas especiais do processo ou causas naturais (como a temperatura e o ambiente) que ocasionam a variação de processo?
- c) A variação entre diferentes remessas (lotes) de produção é maior que o esperado?

Seleção de Gráficos para dados de subgrupos





Gráficos de Controle



Exemplo 1: Consistência da Cor

Proposta

Avaliar a variação do processo, usando o Gráfico R e a média do processo, usando o Gráfico Xbar.

Problema

Uma Companhia usa bolinhas plásticas para fabricar carcaças para monitores de computadores. Eles desejam avaliar se a cor da carcaça é consistente durante o tempo.



Gráficos de Controle



Dados Coletados

Cinco carcaças foram selecionadas a cada quatro horas de produção durante um período de oito dias.

Ferramentas

- R Chart;
- Xbar Chart.

Arquivo de Dados: COLOR1.MPJ

Variável	Descrição
Readings	Leitura obtida da cada carcaça de computadores, usando a escala de cor: L, a, b.
Date/Time	Data e hora que cada grupo de carcaças foi examinado no processo.



Gráficos de Controle



Gráfico das Amplitudes – Gráfico R

O que é um Gráfico R

Um Gráfico R avalia a variação dentro dos subgrupos em uma ordem temporal.

Quando usar um Gráfico R:

Use o Gráfico R para comparar a variabilidade dos subgrupos ao longo tempo.

Um erro comum quando procedemos com a análise do processo por intermédio do estudo de dados amostrais, é interpretar o gráfico de controle de um subgrupo sem antes verificar se a variabilidade está sob controle estatístico.

É apropriado examinar um Gráfico R ou um Gráfico S antes de interpretar um gráfico de controle da média do subgrupo (um Gráfico \bar{X}). Se a variabilidade dos grupos não for estável, o limite de controle usando o Gráfico \bar{X} pode não ser significativo, pois estes limites de controle foram obtidos com base nas variações dos subgrupos.

Os Gráficos R são tradicionalmente utilizadas para análise de subgrupos pequenos.

A Automotive Industry Action Group (AIAG) sugere usar o Gráfico R ao invés do Gráfico S quando o tamanho do subgrupo for inferior a oito.



Gráficos de Controle



Causas Especiais

Uma causa especial é uma ocorrência incomum que não faz parte do processo, podendo ser benéficas ou prejudiciais ao processo.

Quando um processo está fora de controle estatístico, devemos procurar causas especiais.

Investigando as razões para as causas especiais de variabilidade, podemos responder perguntas tais como:

- Por que a média do processo é maior que a esperada?
- Por que a proporção de erros é maior que a esperada?
- Por que existe mais variações que a esperada no processo?

Por exemplo:

- O nível de soda na máquina estava com ajuste alto demais?
- A pessoa que estava operando a máquina foi treinada adequadamente?
- A tinta utilizada no processo de fazer papel era da cor errada?



Gráficos de Controle



Criando um Gráfico R

Criaremos um Gráfico R para examinar a variabilidade dos grupos de cores analisados antes de criar o Gráfico Xbar. Se a variabilidade do processo não estiver sob controle estatístico, as conclusões feitas no Gráfico Xbar poderão ser inválidas.

Subgrupos Racionais

As cinco carcaças selecionadas por turno formam um subgrupo. Um subgrupo deve representar somente uma causa de variação comum no processo e deve, se possível, ser livre de causas especiais de variação. Exemplos incluem itens fabricados ao mesmo tempo, ou por um mesmo operador.

Idealmente, a variabilidade em subgrupos racionais é limitada à variação inerente ao processo. A meta ao acessar a variabilidade do processo é identificar e eliminar fontes de variação que são adversas ao processo.

1. Abra **COLOR1.MPJ**;
2. Selecione **Estat>Cartas de Controle>Cartas de Variáveis por subgrupos> R**;
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir:
4. Clique em **Opções de Carta R**

Carta R

C1	Readings
C2	Date/Time

Todas as observações de uma carta estão em uma coluna:

Tamanhos dos subgrupos: (insira um número ou uma coluna ID)



Gráficos de Controle



Testes para Causas Especiais

O Minitab inclui quatro testes para ajudar a identificar a não aleatoriedade da variação dos dados no Gráfico R. Podemos escolher um dos testes ou fazer todos eles:

- 1. Pontos fora dos limites de controle:** 1 ponto além de 3 desvios-padrão da linha central, o que testa se a média do alcance dos valores está alta ou baixa. O valor 3 é o padrão do software, sendo realmente o mais utilizado, porém podendo ser alterado no Minitab.
- 2. Deslocamento da linha média:** 9 pontos consecutivos no mesmo lado da linha central, que testa se uma série de valores consecutivos são maiores ou menores que a média. O valor 9 é o padrão do software, sendo mais comum a utilização de 7 pontos, porém a quantidade de pontos a ser testada podendo ser alterado no Minitab.
- 3. Tendência:** 6 pontos consecutivos, todos crescentes ou decrescentes, o que testa um crescimento ou decrescimento sistemático dos valores amostrais. O valor 6 é padrão do software, sendo mais comum a utilização de 7 pontos, porém a quantidade de pontos a ser testada podendo ser alterado no Minitab.
- 4. Periodicidade:** 14 pontos consecutivos, alternando em cima e em baixo da linha central, o que testa variações não aleatórias nos valores amostrais. O valor 14 é o padrão do software, sendo realmente o mais utilizado, porém podendo ser alterado no Minitab.

Se os dados falharem em algum destes testes, o número do teste respectivo no qual ocorreu a falha aparece nos pontos do gráfico e na **Session**. Embora possamos observar a falha de mais de um teste em um mesmo gráfico, somente o primeiro teste que falhar será apontado no gráfico.

R Chart

5. Clique em **Testes**;
6. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura ao lado:
7. Clique em **Ok** em todas as caixas de diálogo.

Carta R: Opções

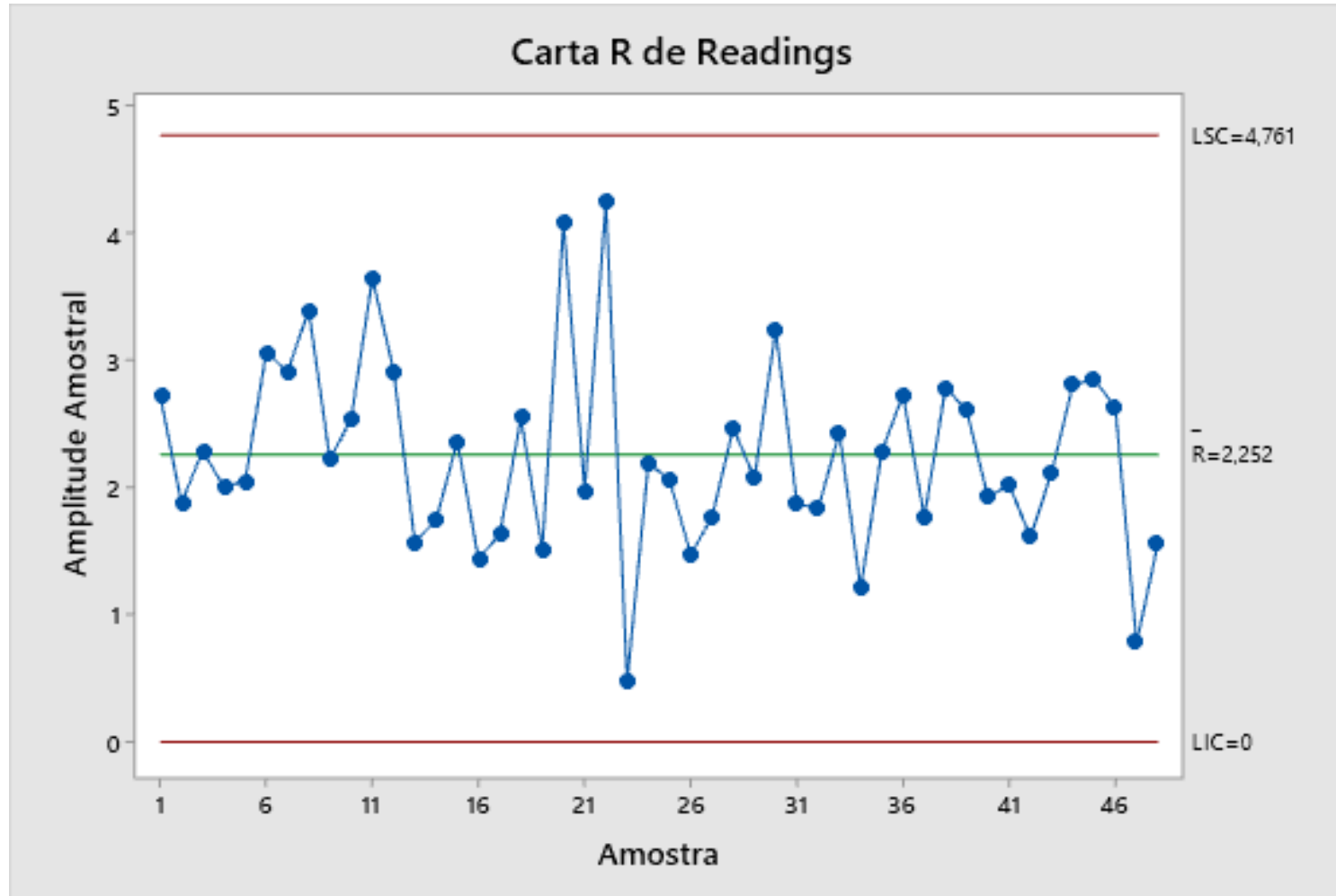
Parâmetros | Estimativa | Limites | **Testes** | Estágios | Box-Cox | Exibição | Armazenamento

Realizar todos os testes para causas especiais

1 ponto > desvios padrão K da linha central	K	3
K pontos consecutivos do mesmo lado da linha central		7
K pontos consecutivos, todos crescentes ou todos decrescentes		7
K pontos consecutivos, alternando para cima e para baixo		14

Ajuda OK Cancelar

Interpretando os Resultados





Gráficos de Controle



Gráfico das Médias– Gráfico Xbar

O que é um Gráfico Xbar

Um Gráfico XBar nos ajuda a determinar se a média do processo está sob controle estatístico quando os dados forem coletados em subgrupos apropriados.

Quando usar um Gráfico Xbar:

Usaremos o Gráfico Xbar para acessar a estabilidade da média do processo quando os dados são coletados em subgrupos racionais.

Acessaremos a estabilidade da variação do processo usando o Gráfico R ou o Gráfico S antes de avaliar a média do processo.



Gráficos de Controle



Porque usar um Gráfico Xbar?

Use o Gráfico Xbar para responder perguntas tais como:

- A média do processo está estável ao longo do tempo?
- A média do processo exibe um padrão incomum ao longo do tempo?

Por exemplo o Gráfico Xbar pode detectar:

- Quando uma broca foi instalada incorretamente em uma máquina, causando mudança na média do diâmetro do orifício;
- Quando a força média das peças coladas deslocar para baixo, devido ao fato de qual a cola aplicada ser insuficiente.



Gráficos de Controle



Testes para Causas Especiais

O Gráfico Xbar tem mais testes para causas especiais do que o Gráfico R. No exemplo, todos os oitos testes foram usados neste Gráfico:

- 1. Pontos fora dos limites de controle:** 1 ponto além de 3 desvios-padrão da linha central, o que testa se a média do alcance dos valores está alta ou baixa. O valor 3 é o padrão do software, sendo realmente o mais utilizado, porém podendo ser alterado no Minitab.
- 2. Deslocamento da linha média:** 9 pontos consecutivos no mesmo lado da linha central, que testa se uma série de valores consecutivos são maiores ou menores que a média. O valor 9 é o padrão do software, sendo mais comum a utilização de 7 pontos, porém a quantidade de pontos a ser testada podendo ser alterado no Minitab.
- 3. Tendência:** 6 pontos consecutivos, todos crescentes ou decrescentes, o que testa um crescimento ou decrescimento sistemático dos valores amostrais. O valor 6 é padrão do software, sendo mais comum a utilização de 7 pontos, porém a quantidade de pontos a ser testada podendo ser alterado no Minitab.
- 4. Periodicidade:** 14 pontos consecutivos, alternando em cima e em baixo da linha central, o que testa variações não aleatórias nos valores amostrais. O valor 14 é o padrão do software, sendo realmente o mais utilizado, porém podendo ser alterado no Minitab.



Gráficos de Controle



5. **Aproximação dos limites de controle:** 2 em 3 pontos consecutivos entre 2 e 3 desvios-padrão do mesmo lado da linha média. O valor 2 é o padrão do software, sendo realmente o mais utilizado, porém podendo ser alterado no Minitab.
6. **Deslocamento acentuado da média:** 4 em 5 pontos consecutivos, do mesmo lado da linha média, além de um desvio-padrão da linha média. O valor 4 é o padrão do software, sendo realmente o mais utilizado, porém podendo ser alterado no Minitab.
7. **Aproximação da Linha Média:** 15 pontos consecutivos, em ambos os lados, no limite de um desvio-padrão da linha média. O valor 15 é o padrão do software, sendo realmente o mais utilizado, porém podendo ser alterado no Minitab.
8. **Distanciamento da Linha Média:** 8 pontos consecutivos, em ambos os lados, além de um desvio-padrão da linha média. O valor 8 é o padrão do software, sendo realmente o mais utilizado, porém podendo ser alterado no Minitab.

Xbar Chart

1. Abra **COLOR1.MPJ**;
2. Selecione **Estat>Cartas de Controle>Cartas de Variáveis por Subgrupos>Xbarra**;
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir:
4. Clique em **Opções de Xbarra**;

Carta Xbarra

C1 Readings
C2 Date/Time

Todas as observações de uma carta estão em uma coluna: Readings

Tamanhos dos subgrupos: 'Date/Time' (insira um número ou uma coluna ID)

Escala... Rótulos...

Múltiplos Gráficos... Opções de Dados... Opções de Xbarra...

Selecionar

Ajuda

OK Cancelar

5. Clique em **Testes**;
6. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura abaixo;
7. Clique em **Ok** em todas as caixas de diálogo.

Carta Xbarra: Opções

Parâmetros | Estimativa | Limites | **Testes** | Estágios | Box-Cox | Exibição | Armazenamento

Realizar todos os testes para causas especiais K

1 ponto > desvios padrão K da linha central

K pontos consecutivos do mesmo lado da linha central

K pontos consecutivos, todos crescentes ou todos decrescentes

K pontos consecutivos, alternando para cima e para baixo

K de K+1 pontos > 2 desvios padrão da linha central (mesmo lado)

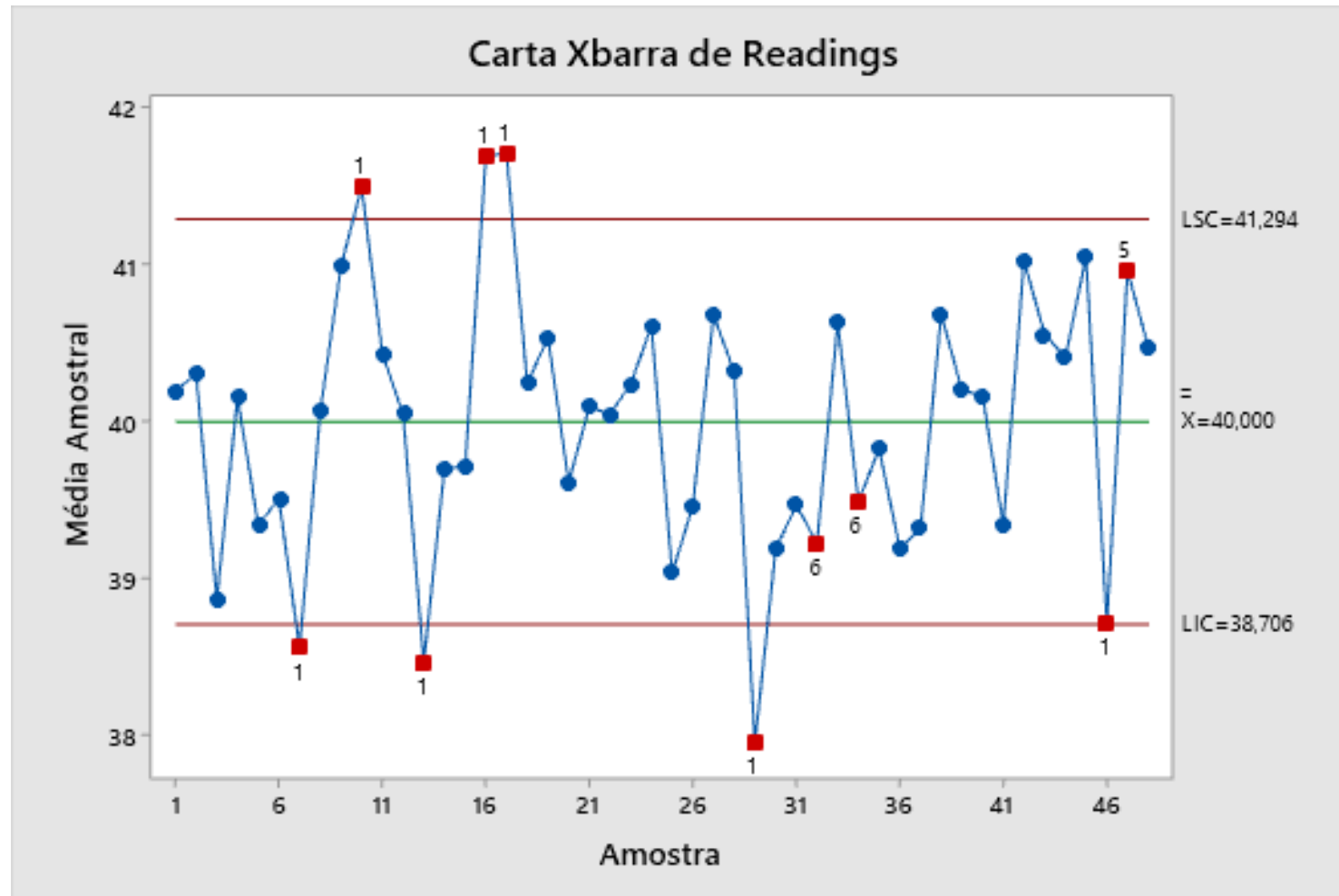
K de K+1 pontos > 1 desvio padrão da linha central (mesmo lado)

K pontos consecutivos dentro de 1 desvio padrão da linha central (ambos os lados)

K pontos consecutivos > 1 desvio padrão da linha central (ambos os lados)

Ajuda Cancelar

Interpretando os Resultados





Gráficos de Controle



Resultados do Teste para a Carta Xbarra de Readings

TESTE 1. Um ponto mais que 3,00 desvios padrão da linha central.

O teste falhou nos pontos: 7; 10; 13; 16; 17; 29; 46

TESTE 5. 2 de 3 pontos com mais de 2 desvios padrão da linha central (em um lado da LC).

O teste falhou nos pontos: 10; 17; 47

TESTE 6. 4 de 5 pontos com mais de 1 desvio padrão da linha central (em um lado da LC).

O teste falhou nos pontos: 7; 32; 34



Gráficos de Controle



Interpretando os Resultados

O desvio-padrão estimado com a variação entre os subgrupos é usado nos limites de controle do Gráfico Xbar. Observe que o Gráfico Xbar é focada na variação da média do subgrupo e não no valor individual dos dados.

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Falhas dos Testes de Causas Especiais

Os pontos vermelhos indicam as falhas nos testes, enquanto o número abaixo do ponto indica qual teste houve a falha.

Os testes falhos são definidos na **Session**. A ferramenta **bushing** nos possibilita obter a mesma conclusão. Posicione o cursor do mouse sobre o ponto e observe o valor correspondente.



Gráficos de Controle



Exemplo 2: Consistência da Cor – Parâmetros Específicos

Proposta

Avaliar a variação do processo, usando a Gráfico Xbar-R

Problema

O Gráfico Xbar Revelou que o processo não está estatisticamente controlado. Usaremos o Gráfico Xbar-R para acessarmos o status do controle estatístico do Processo.

Ao invés de deixar que o software estime os parâmetros a partir dos dados amostrais mais recentes para gerar as linhas média, LCL e UCL, especificaremos uma média de 40 e desvio padrão de 0,96 para o processo (valores obtidos com base na estimação sobre dados provenientes do processo sob controle estatístico).



Gráficos de Controle



Dados Coletados

Pigmentos plásticos provenientes de diferentes fornecedores são usados na fabricação de carcaças. Cinco carcaças foram selecionadas em intervalos de 4 horas em 8 dias. A data, a hora e o vendedor correspondente de cada medição de cor foram gravados.

Ferramenta

➤ Xbar-R Chart.

Arquivo de Dados: COLOR2.MPJ

Variável	Descrição
Readings	Leitura obtida da cada carcaça de computadores, usando a escala de cor: L, a, b.
Date/Time	Data e hora que cada grupo de carcaças foi examinado no processo.
Vendor	Fornecedor dos pigmentos plásticos usados nas carcaças.



Gráficos de Controle



Especificando Parâmetros

Os parâmetros são valores fixados (fornecidos pelo usuário) que serão usados no cálculo da linha média e no cálculo dos limites de controle que construirão o gráfico na qual serão plotados os dados atuais. Estes valores são retirados de períodos de tempo, nos quais o processo exibiu estabilidade, ou seja, estava sob controle estatístico.

Valores Conhecidos

Se pudermos obter uma estimativa confiável da média e do desvio-padrão a partir da análise de dados passados, poderemos entrar com estes valores como sendo a média e o desvio-padrão do processo atual.

Usando o conhecimento prévio, afirmamos que a média do processo é 40 e o desvio-padrão do subgrupo é 0,96. Agora usaremos os Gráficos de Controle X-bar e R para entrarmos com os dados.

OBS: Em Xbar-R Options, você pode omitir certos subgrupos dos parâmetros de cálculo. Tome cuidado quando estiver omitindo valores. Tenha certeza que você entendeu todas as causas especiais de variação antes de eliminar os dados correspondentes da análise.

Xbar Chart

1. Abra **COLOR2.MPJ**;
2. Selecione **Estat>Cartas de Controle>Cartas de Variáveis por Subgrupos>Xbarra-R**;
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir:
4. Clique em **Opções de X barra**;
5. Em **Média** digite **40**. Em **Desvio Padrão**, digite **0,96**;
6. Clique em **Testes** e selecione **Realizar todos os testes para causas especiais**;
7. Clique em **Ok** em todas as caixas de diálogo.

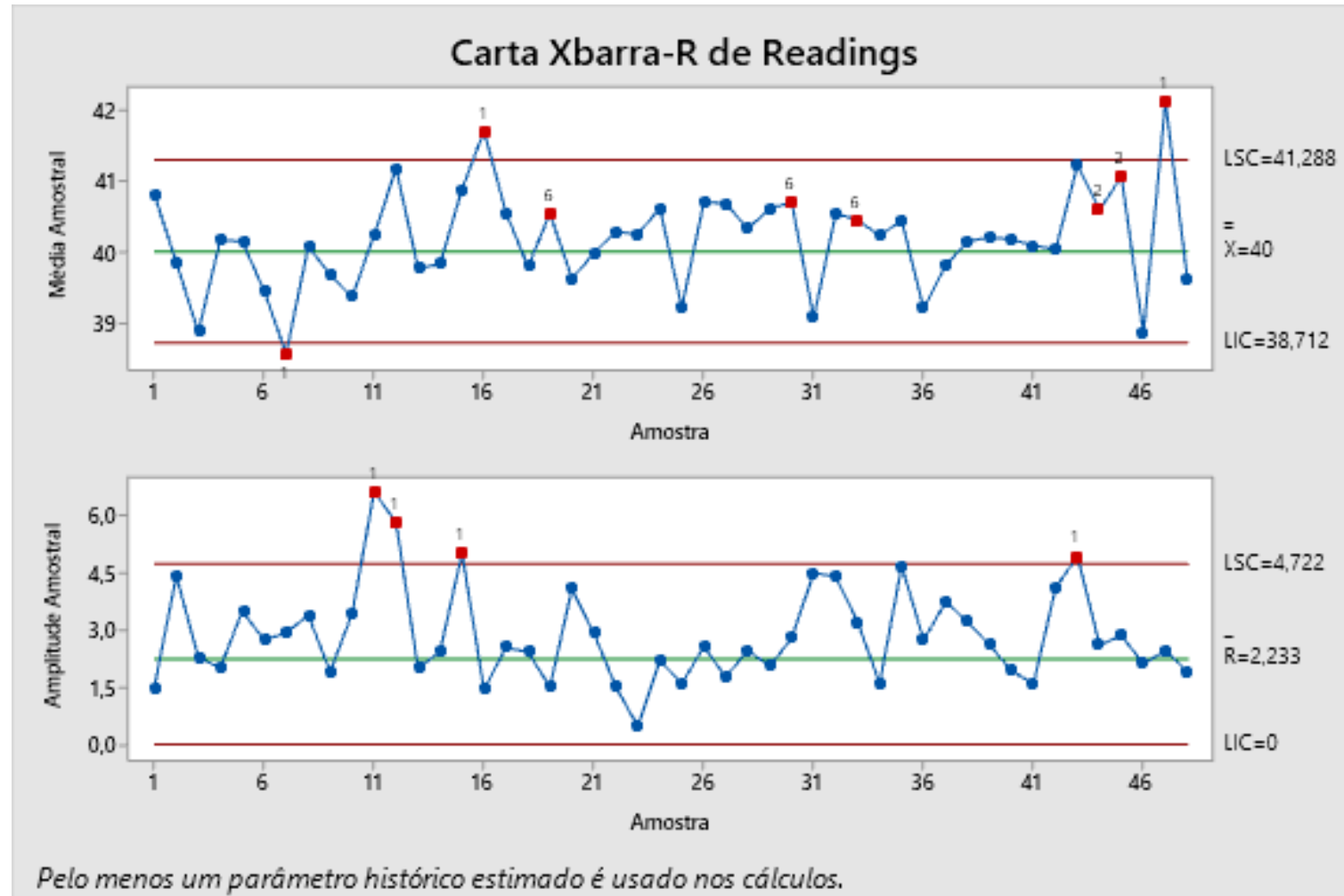
Carta Xbarra-R

C1	Readings
C2	Date/Time
C3	Vendor

Todas as observações de uma carta estão em uma coluna:

Tamanhos dos subgrupos: (insira um número ou uma coluna ID)

Interpretando os Resultados





Gráficos de Controle



Resultados do Teste para a Carta Xbarra de Readings

TESTE 1. Um ponto mais que 3,00 desvios padrão da linha central.

O teste falhou nos pontos: 7; 16; 47

TESTE 2. 7 pontos consecutivos no mesmo lado da linha central.

O teste falhou nos pontos: 44; 45

TESTE 5. 2 de 3 pontos com mais de 2 desvios padrão da linha central (em um lado da LC).

O teste falhou nos pontos: 16; 45; 47

TESTE 6. 4 de 5 pontos com mais de 1 desvio padrão da linha central (em um lado da LC).

O teste falhou nos pontos: 19; 30; 33; 47

Resultados do Teste para a Carta R de Readings

TESTE 1. Um ponto mais que 3,00 desvios padrão da linha central.

O teste falhou nos pontos: 11; 12; 15; 43



Gráficos de Controle



Exemplo 3: O Encolhimento no Processo de Moldagem por Injeção

Proposta

Avaliar a variação do processo, a média e as melhorias observadas no mesmo usando o Gráfico Xbar-S.

Problema

O encolhimento excessivo de itens fabricados pelo processo de moldagem por injeção foi experimentado. Um encolhimento médio de 5% é considerado inaceitável. O processo também está apresentando uma variabilidade superior do que a desejada.

A equipe de qualidade efetuou um estudo experimental no design para investigar os fatores que podem afetar o encolhimento dos itens obtidos pelo processo de injeção. Baseado no resultado do experimento, a temperatura do molde foi reduzida.

Após reduzir a temperatura do molde, a equipe decidiu que a modificação na ferramenta do molde de injeção reduzirá o encolhimento.



Gráficos de Controle



Dados Coletados

Os dados do encolhimento foram coletados em subgrupos de tamanho 10 a cada 8 horas. Os dados iniciais foram nomeados Benchmark. Os dados do processo após a primeira mudança foram nomeados Reduce Temperature Os dados do processo após a segunda mudança foram nomeados Molding Tool Modification.

Ferramenta

➤ Xbar-S Chart.

Arquivo de Dados: IMPROVE.MPJ

Variável	Descrição
Shrinkage	Porcentagem da diferença de tamanho do item atual e o tamanho modelo.
Date	Data dos itens produzidos.
Change	Condições do processo quando os itens foram produzidos.



Gráficos de Controle

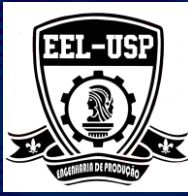


Gráfico dos Desvios-Padrão– Gráfico S

O que é um Gráfico S

Um Gráfico S é baseada no cálculo do desvio-padrão de cada subgrupo apresentados em ordem temporal.

Quando usar um Gráfico S:

Use o Gráfico S para comparar a variabilidade ocorrida dentro dos subgrupos de dados ao longo tempo. Devemos examinar o Gráfico R ou S antes de interpretar o Gráfico para média do subgrupo (Gráfico \bar{X}). Se a variabilidade do subgrupo não for estável, os limite de controle usados no Gráfico \bar{X} podem não ser significativos, pois estes são calculados com base na variação do subgrupo. Tradicionalmente, os Gráficos S são usadas para averiguar a variabilidade de processos com amostras com mais de 10 itens, enquanto o Gráfico R são usadas na análise de amostras menores. A Automotive Industry Action Group (AIAG) sugere o Gráfico S ao invés do Gráfico R para subgrupos maiores que 9.



Gráficos de Controle



Porque usar um Gráfico S?

Usaremos um Gráfico S para detectar quando a variabilidade do processo muda de acordo com o tempo.

Usaremos o Gráfico R para responder questões, tais como:

- A variação no processo se mantém estável durante todo o tempo?
- São os diferentes tipos de matéria-prima que estão causando mudança de variabilidade no processo?

Por exemplo o Gráfico S pode detectar:

- Quando a variação na força dos itens coletados aumenta devido ao fato do aplicador de cola ter injetado quantidades diferentes de cola devido a obstruções intermitentes.



Gráficos de Controle



Introduzindo Gráficos de Controle no Processo de Melhoria

Selecionando uma Gráfico para estudar a variação dentro dos subgrupos

Devido ao fato do tamanho do subgrupo ser maior que 8, usaremos o Gráfico S ao invés do Gráfico R.

Xbar-S

1. Abra **IMPROVE.MPJ**;
2. Selecione **Estat>Cartas de Controle>Cartas de variáveis por subgrupos>Xbarra-S**;
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir:

4. Clique em **Escala**;
5. Abaixo de **Escala de X** selecione **Estampa**;
6. Abaixo de **Coluna de Estampa**, digite **Date**;
7. Clique em **Ok**.
8. Clique em **Opções de Xbarra**;
9. Clique em **Testes** e selecione **Realizar todos os testes para causas especiais**;
10. Clique em **Ok** em todas as caixas de diálogo.

Carta Xbarra-S

Todas as observações de uma carta estão em uma coluna:

Tamanhos dos subgrupos: (insira um número ou uma coluna ID)

Colocando no Gráfico o Processo de Melhoria

Quando o processo passa por modificações, devemos recalculer os limites de controle. Usando este procedimento, cada vez que houver mudança no processo os limites de controle irão mudar. O Minitab recalcula os limites de controle para cada valor específico na coluna que denominamos **Change**.

1. Selecione **Ctrl + E**;
2. Clique em **Opções de Xbarra-S**, então clique em **Estágios**;
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura ao lado:
4. Clique em **OK** em todas as caixas de diálogo.

