

# Controle Estatístico de Processo

## Histórico

O CEP se destacou como ferramenta poderosa após ter sido intensamente utilizada pelo Japão após a Segunda Guerra Mundial.

Após a recuperação deste país, através da obtenção de processos produtivos e padrões de produtos estatisticamente estáveis e capazes de satisfazer os clientes, o mundo despertou para a importância das ferramentas estatísticas.

# Controle Estatístico de Processo

## Histórico

Walter Shewhart foi pioneiro na utilização do Controle Estatístico de Processo, fazendo uso de suas técnicas nas fábricas americanas desde a década de 30.

Hoje não há fábrica que não utilize pelo menos uma das ferramentas de CEP para a melhoria de seus processos.

# Controle Estatístico de Processo

## Histórico

Para Shewhart:

- ▶ Qualidade e variabilidade são conceitos opostos (onde tem muito de um haverá pouco de outro).
- ▶ Medindo, analisando e monitorando a variabilidade e aplicando a estatística na fábrica
  - ▶ Processos e produtos com melhores patamares de qualidade (menor variabilidade em medidas do produto e do processo, maior exatidão no alcance de metas e alvos).

# Controle Estatístico de Processo

## Histórico

Shewhart propôs a aplicação da Metodologia Científica na linha de produção, sugerindo sua aplicação em quatro fases:

- (1) Identificação da problemática e definição do planejamento de experimentos;
- (2) Experimentação;
- (3) Análise dos resultados dos experimentos; e
- (4) Ação do gerente para melhorar o processo.

# Controle Estatístico de Processo

## Processo

Todo processo é composto por cinco componentes básicas:

- ▶ **Fornecedores** - são empresas ou áreas/setores que fornecem alguma entrada para o processo.
- ▶ **Entradas (inputs)** - são saídas (produtos) dos fornecedores.
- ▶ **Processamento** - operação de transformação das entradas em saídas.
- ▶ **Saídas (outputs)** - produto gerado pelo processo.
- ▶ **Clientes** - são empresas, pessoas ou áreas/setores dentro da empresa que recebem a saída do processo (clientes internos ou externos)

# Controle Estatístico de Processo

## Conceitos em CEP

### Formas de Controle

O controle consiste em ações executadas sobre o processo de forma a avaliar as condições do processo, suas entradas e saídas, visando comparar estes resultados com padrão e atuar de forma a corrigir o viés existente até um limite aceitável.

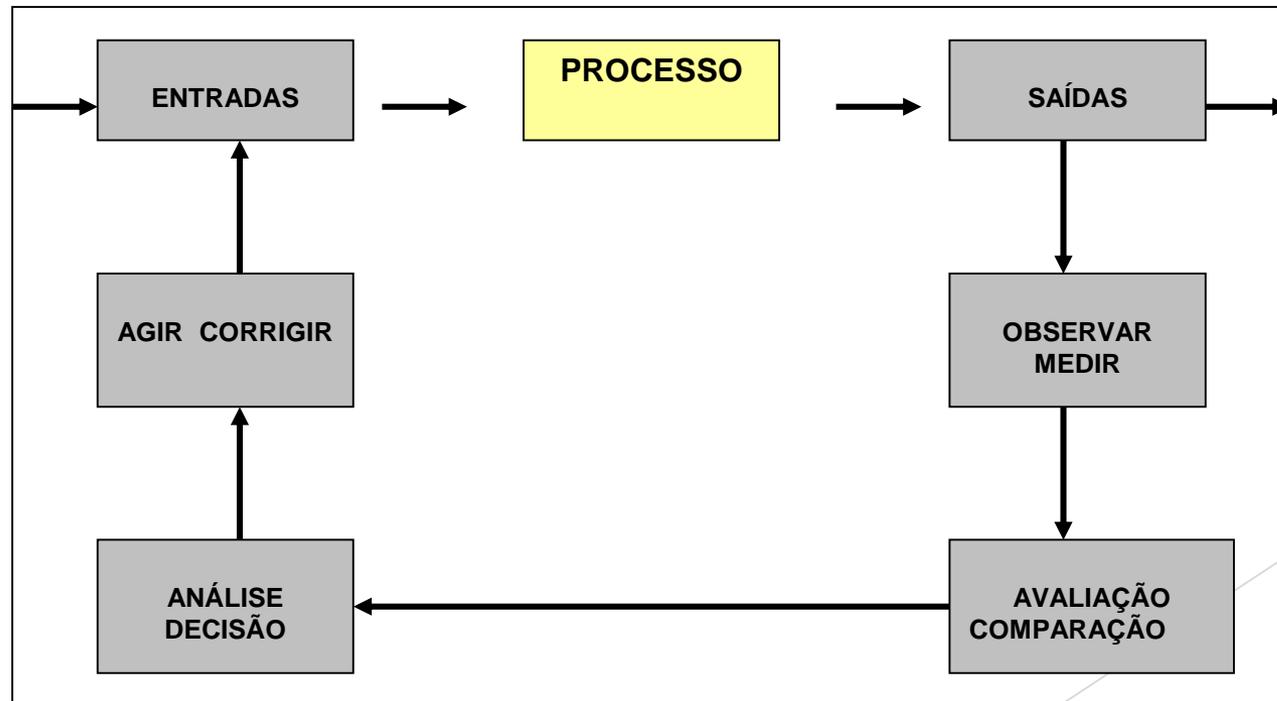
O controle se compõe de um ciclo que contém as seguintes etapas:

- a) **observação e medição** - mensuração das saídas do processo;
- b) **avaliação** - comparação das saídas com um padrão preestabelecido;
- c) **análise e decisão** - estudo da ação mais adequada a ser tomada em observância ao resultado da etapa de avaliação para a melhoria do processo;
- d) **ação e correção** - execução da ação para atingir o limite aceitável.

# Controle Estatístico de Processo

## Conceitos em CEP

### Formas de Controle



# Controle Estatístico de Processo

## Conceitos em CEP

O CEP faz uso do controle da qualidade paralelamente à manufatura (controle de processo), na contramão da inspeção após a produção (separação do joio e do trigo - controle do produto) como forma preventiva de defeitos ou erros.

# Controle Estatístico de Processo

## Conceitos em CEP

<b>TIPO DE CONTROLE</b>	<b>PRODUTO</b>	<b>PROCESSO</b>
<b>ÊNFASE</b>	<b>Deteccção de defeitos</b>	<b>Prevenção de defeitos</b>
<b>OBJETIVO</b>	<b>Separação dos itens bons dos itens ruins</b>	<b>Evitar itens ruins.</b>
<b>PADRÃO DE COMPARAÇÃO</b>	<b>Limites de especificação</b>	<b>Limites de controle</b>
<b>TIPO DE AÇÃO</b>	<b>Inspeção</b>	<b>Controle</b>
<b>RESPONSÁVEL</b>	<b>Operador ou inspetor</b>	<b>Todos os envolvidos</b>

# Controle Estatístico de Processo

## Conceitos em CEP

### Causas de variação

Todo e qualquer processo apresenta naturalmente algum tipo de variabilidade, provocada por alguma causa.

A variação de características de qualidade podem ocorrer por diferentes causas tais como inconsistências entre operadores, lotes de matéria-prima, equipamentos, instrumentos de medição, acondicionamentos, etc.

Classifica-se estas variações em dois tipos:

- ▶ causas comuns; e
- ▶ causas especiais.

# Controle Estatístico de Processo

## Conceitos em CEP

### CAUSAS COMUNS (ALEATÓRIAS)

A causa comum deriva de uma fonte de variação que afeta a todos os valores individuais de um processo, podendo ter origem de fontes diversas, porém nenhuma delas exerce predominância sobre a outra.

Os valores individuais são diferentes entre si, porém tendem a formar um padrão (ou distribuição de probabilidades) quando agrupados.

Este padrão formado pode ser caracterizado pela localização (centro da distribuição), dispersão (variabilidade dos valores individuais) e forma (formato da distribuição).

Um fato caracteristicamente relevante é que este tipo de variação é inerente ao processo, não podendo ser alterada a não ser através de uma reelaboração do processo.

# Controle Estatístico de Processo

## Conceitos em CEP

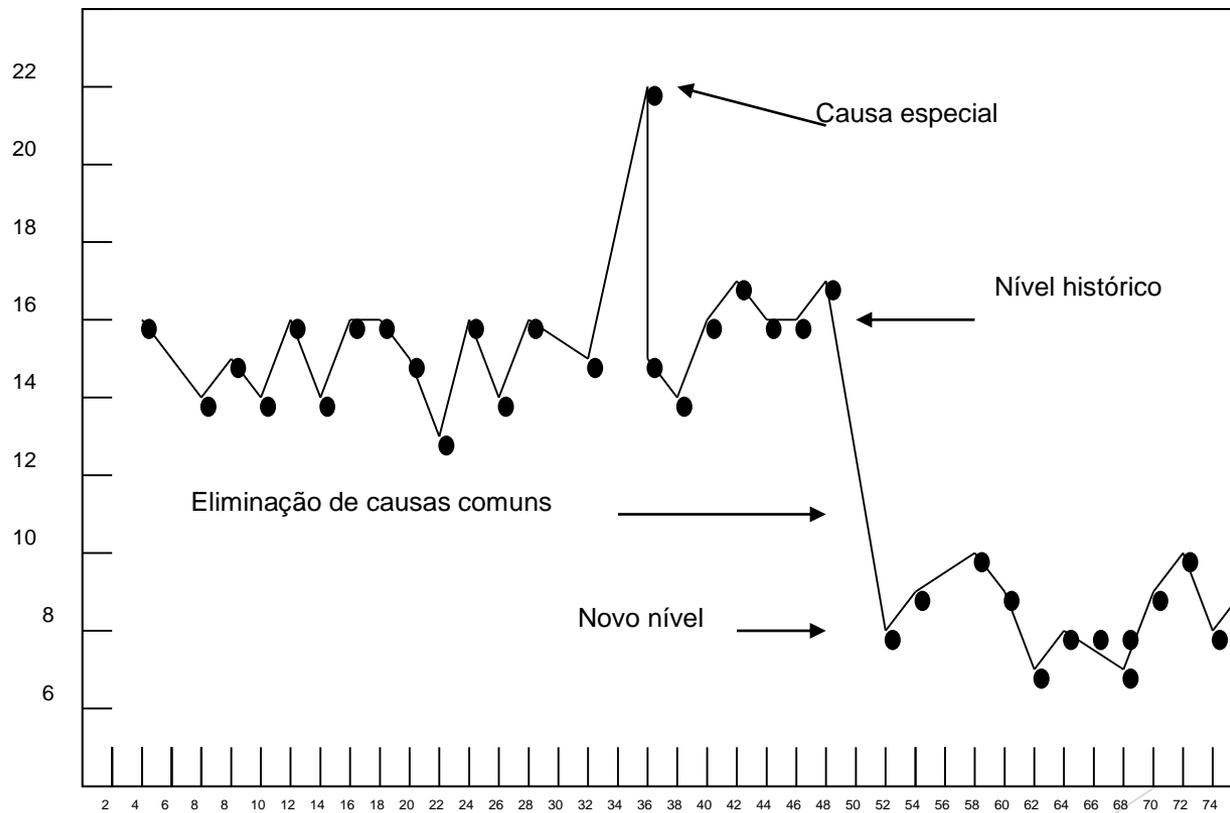
### CAUSAS ESPECIAIS (ASSINALÁVEIS)

A causa especial ou esporádica de variação de um processo é um fator de natureza imprevisível que provoca variações que afetam o comportamento do processo.

Ao contrário da causa comum, a causa especial não segue um padrão. Sua característica é causar resultados muito discrepantes em relação aos demais valores.

# Controle Estatístico de Processo

## Conceitos em CEP



# Controle Estatístico de Processo

## Gráfico de Controle

Os gráficos (cartas) de controle são ferramentas para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade de um processo.

# Controle Estatístico de Processo

## Gráfico de Controle

**Existe basicamente dois tipos de categorias para gráficos de controle:**

- ▶ Gráfico de controle para variáveis; e
- ▶ Gráfico de controle para atributos.

# Controle Estatístico de Processo

## Gráfico de Controle

**Gráfico de controle para Variáveis**

**Consistem na medição de características da qualidade cujo valor é o resultado de algum tipo de medição (peso, altura, comprimento, tensão etc.)**

# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

## Gráfico de Controle

Gráfico de controle para Atributos

Consistem na classificação ou contagem de características da qualidade (número de defeituosos, número de defeitos, número de erros etc.)

# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

# Gráfico de Controle

Os gráficos de controle por variáveis são normalmente superiores aos gráficos de controle por atributos, devido ao fato de dependerem de tamanho de amostras menores e gerarem maior quantidade de informação nos seus dados.

# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

# Gráfico de Controle

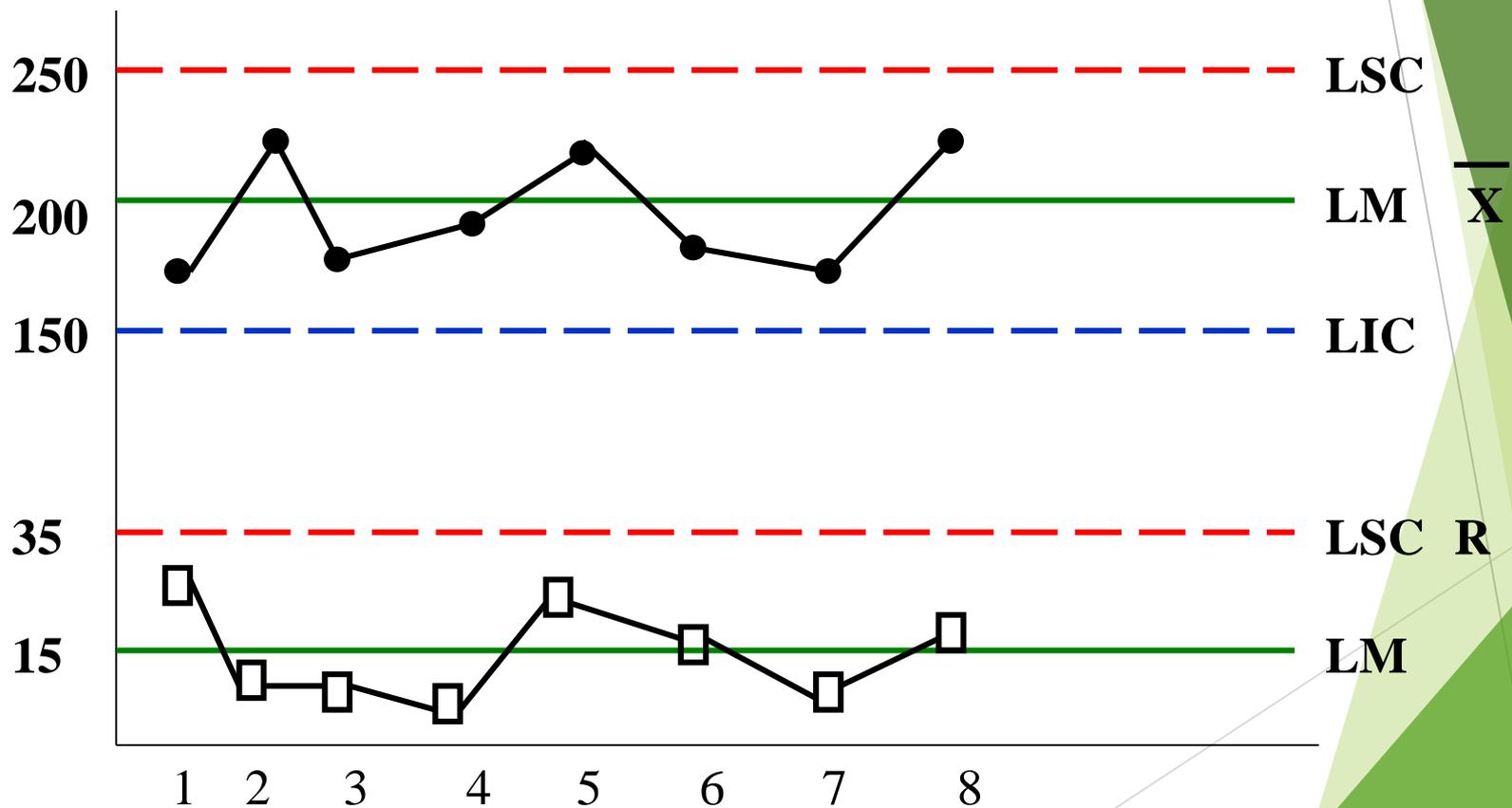
Um gráfico de controle típico apresenta três linhas paralelas:

- ▶ a central (valor médio da característica de qualidade);
- ▶ a superior representando o limite superior de controle (LSC);
- ▶ a inferior representando o limite inferior de controle (LIC).

# Controle Estatístico de Processo

## CEP

### *Gráficos de Controle*



# Controle Estatístico de Processo

## Gráfico de Controle

Os gráficos de controle exibem o desempenho do processo, atestando que o processo está “sob controle” caso:

- ▶ todos os pontos do gráfico estiverem dentro dos limites de controle;
- ▶ a disposição dos pontos dentro dos limites de controle for aleatória.

# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

# Gráfico de Controle

Caso haja um ou mais pontos for dos limites de controle ou em disposição não-aleatória indicam que o processo está “fora de controle”.

# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

# Gráfico de Controle

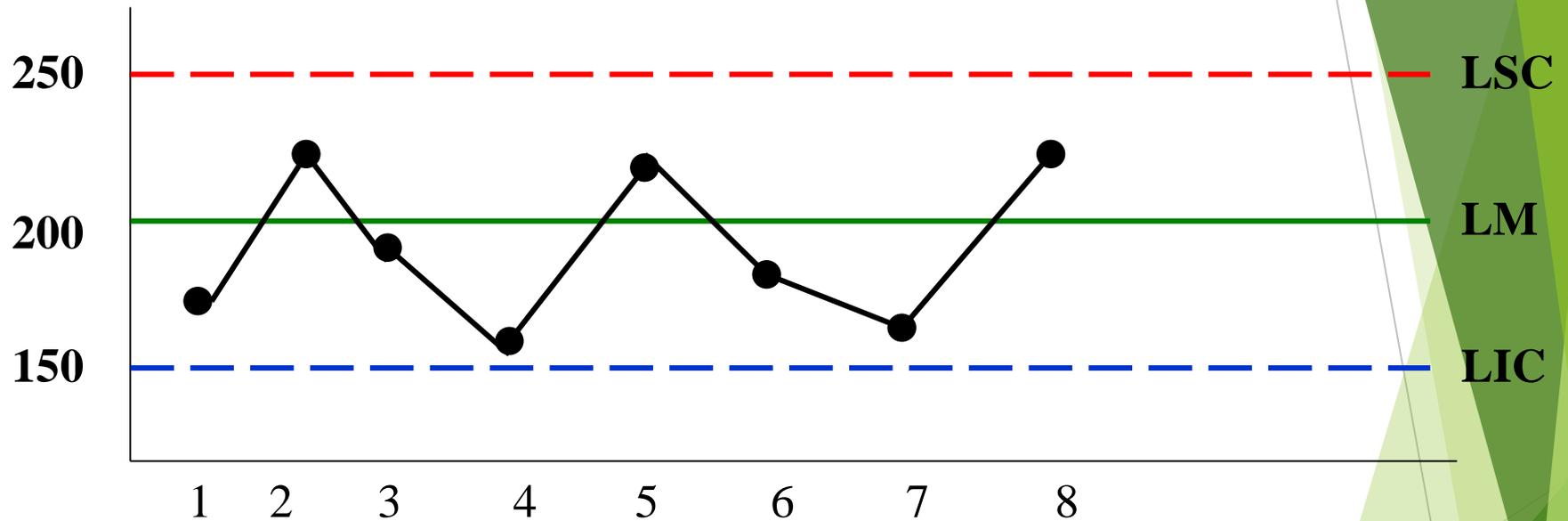
Padrões de comportamento não-aleatório

- ▶ **Periodicidade:** “subidas” e “descidas” em intervalos regulares de tempo. Ocorre quando condições de operação do processo (temperatura, pressão, voltagem, troca periódica de máquinas/operadores etc)

# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

### *PERIODICIDADE*



# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

# Gráfico de Controle

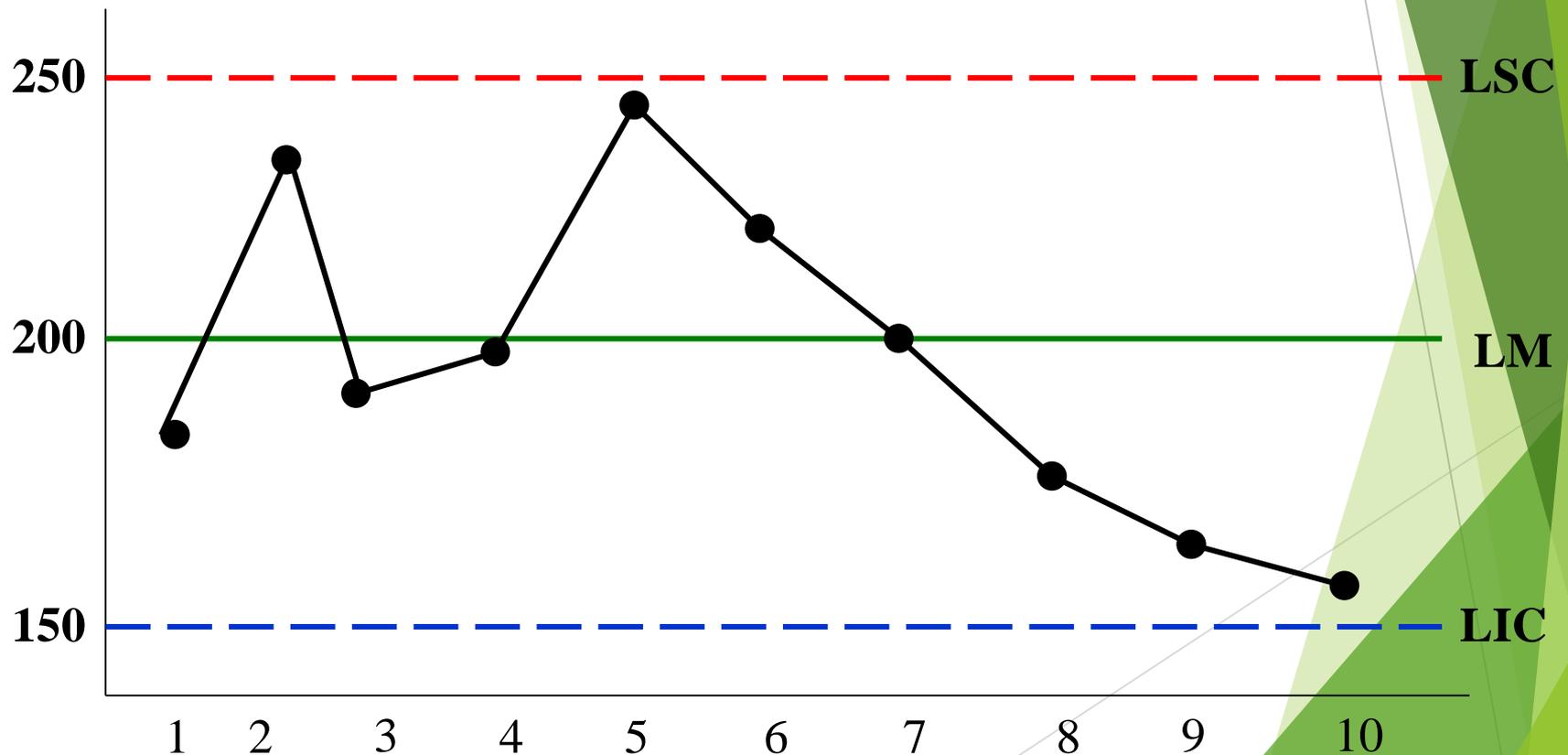
Padrões de comportamento não-aleatório

- ▶ **Tendência:** pontos se direcionam nitidamente para cima ou para baixo. Em geral indica deteriorização gradual de um fator crítico do processo (desgaste de ferramenta, cansaço de operador etc.)

# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

*TENDÊNCIA*



# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

# Gráfico de Controle

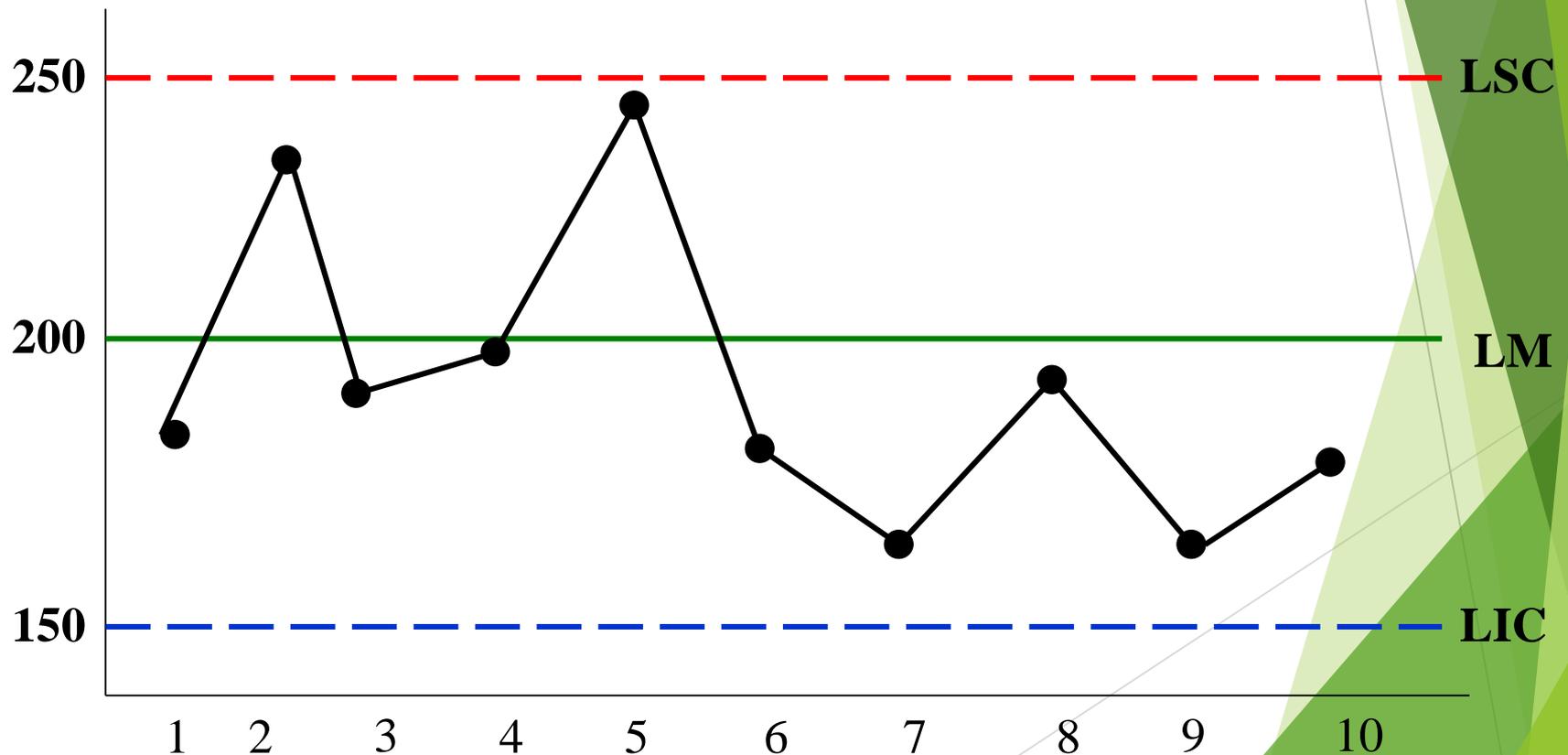
Padrões de comportamento não-aleatório

- ▶ **Deslocamento:** mudança no nível de desempenho do processo (introdução de novas máquinas, novos operadores, novos métodos, um programa de qualidade etc.)

# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

*TENDÊNCIA*



# Controle Estatístico de Processo

## *CEP*

# Gráfico de Controle

Padrões de comportamento não-aleatório

Ademais dos padrões típicos de comportamento não-aleatório, existem outras disposições de pontos que podem indicar que o processo está “fora de controle”. Existem testes estatísticos para averiguação de não-aleatoriedade dos pontos, mas regras práticas também ajudam.

# Controle Estatístico de Processo

*CEP*

## Gráfico de Controle

Padrões de comportamento não-aleatório

- ▶ seis pontos consecutivos aumento ou diminuindo;
- ▶ pontos oscilando para cima e para baixo, formando ciclos;
- ▶ quinze pontos consecutivos na zona c;
- ▶ quatorze pontos consecutivos fora da zona A;
- ▶ dois em três pontos consecutivos na zona A;
- ▶ quatro em cinco pontos consecutivos fora da zona C;
- ▶ nove pontos consecutivos do mesmo lado da linha média.

# Bibliografia

- ▶ CEP para processos contínuos e em bateladas. Ramos, A. W. - São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- ▶ Estatística para a Qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Vieira, Sônia. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999
- ▶ Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos. Werkema, A. C. C. Belo Horizonte: FCO, 1995.