

# PLANEJAMENTO E CONTROLE DA QUALIDADE

Prof. Dra. Regina Meyer Branski

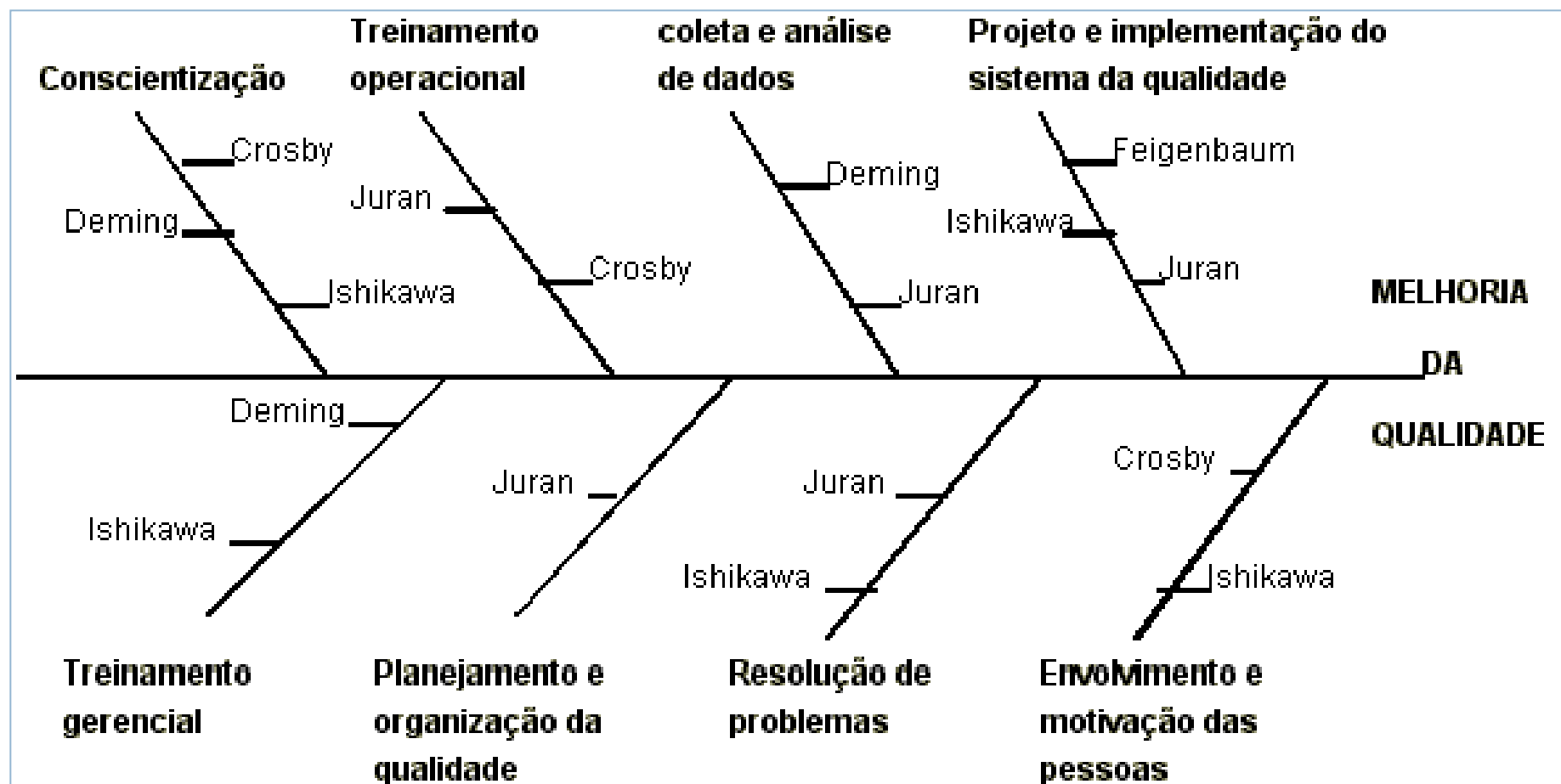
# O que é qualidade?

- ❑ Qualidade é perfeição?
- ❑ Qualidade nunca muda?
- ❑ Qualidade é algo abstrato, indefinido?
- ❑ Qualidade é algo produzido por um departamento da empresa?
- ❑ Qualidade é um requisito mínimo do produto?
- ❑ Qualidade é a capacidade de um produto ou serviço saírem de acordo com o projeto?
- ❑ Qualidade significa classes, estilos ou categorias de produtos ou serviços?

# Gurus da Qualidade

- Walter A. Shewhart
- Willian Edwards Deming
  - Joseph M. Juran
- Armand Feigenbaum
  - Philip B. Crosby
  - Kaoru Ishikawa
  - Genichi Taguchi
  - Shigeo Shingo

# Gurus e ferramentas da qualidade



# Gurus da Qualidade

Walter A. Shewhart (1891-1967)



- Nasceu nos EUA, Engenheiro, Doutorado em Física
- Pai do Controle Estatístico de Processo
- Desenvolveu os gráficos de controle que são ferramentas gráficas para acompanhamento do processo
- Permite a identificação e correção durante o processo

“Qualidade é a capacidade de satisfazer desejos.”



William Edwards Deming (1900-1993)

- Nasceu nos EUA, Engenheiro Elétrico, Doutorado em Matemática e Física

Abordagem baseada em evidências estatísticas para identificar causas de variação

Promover melhoramento por meio da redução contínua das variações dos processos

Aprimoramento dos processos por melhoria contínua.  
Principal instrumento: Ciclo PDCA.

# Gurus da Qualidade

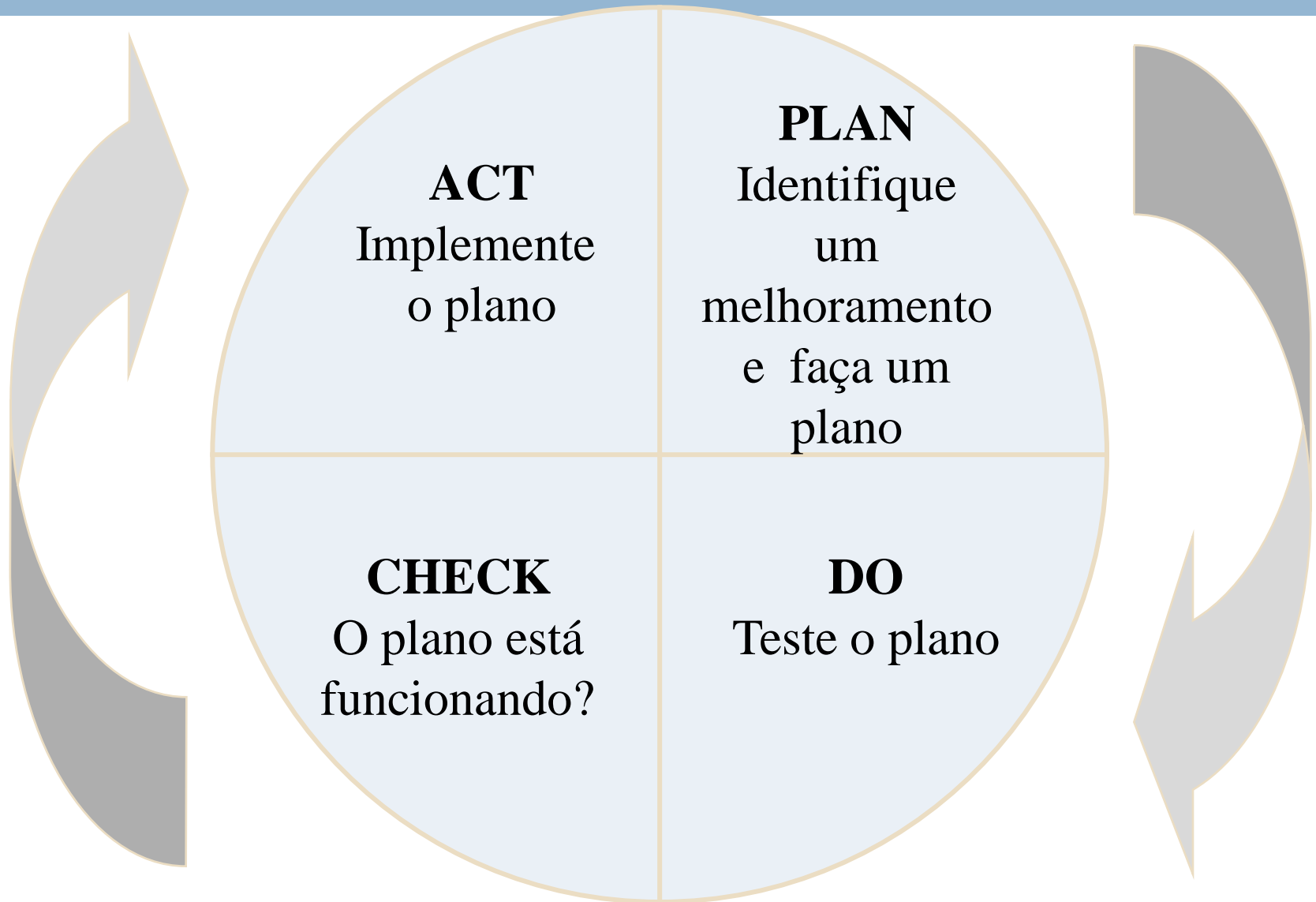
Willian Edwards Deming (1900-1993)



1. Crie constância de propósitos em torno da melhoria dos produtos
2. Adote nova filosofia com novos padrões de aceitação
3. Deixar de depender da inspeção
4. Não comprar apenas pelo preço
5. Melhorar constantemente produtos e serviços
6. Instituir treinamento no trabalho
7. Instituir liderança
8. Eliminar o medo
9. Romper barreiras entre áreas e níveis hierárquicos
10. Eliminar slogans e metas (melhorar processos antes)
11. Eliminar quotas numéricas (busca pela melhoria contínua)
12. Incentivar o orgulho pelo trabalho
13. Instituir programas de educação
14. Todos devem trabalhar para atingir os 13 pontos



# Ciclo PDCA





# APLICANDO O CICLO DO PDCA

## **P Planejar**

- ✓ Estabelecer metas sobre os itens de controle;
- ✓ Estabelecer maneira (caminho, método) para se atingir as metas propostas
- ✓ Estabelecer a “diretriz de controle”

## **D Fazer**

- ✓ Executar tarefas exatamente como previsto no plano de coleta de dados para verificação do processo
- ✓ Essencial treinamento no trabalho

## **C Controlar**

- ✓ Comparar o resultado obtido com a meta planejada

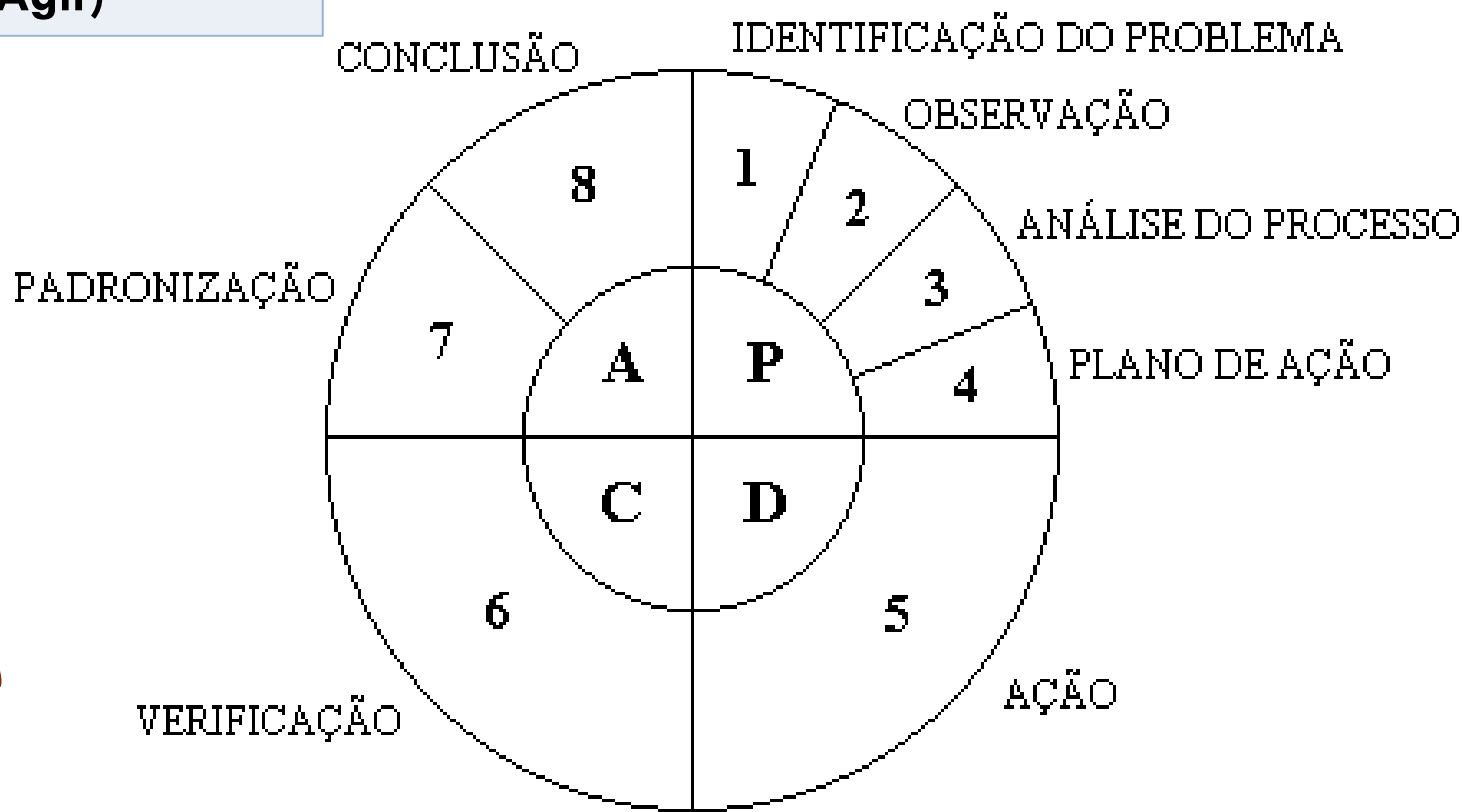
## **A Agir**

- ✓ Aplicar ações corretivas se necessário

# Ciclo PDCA de Deming

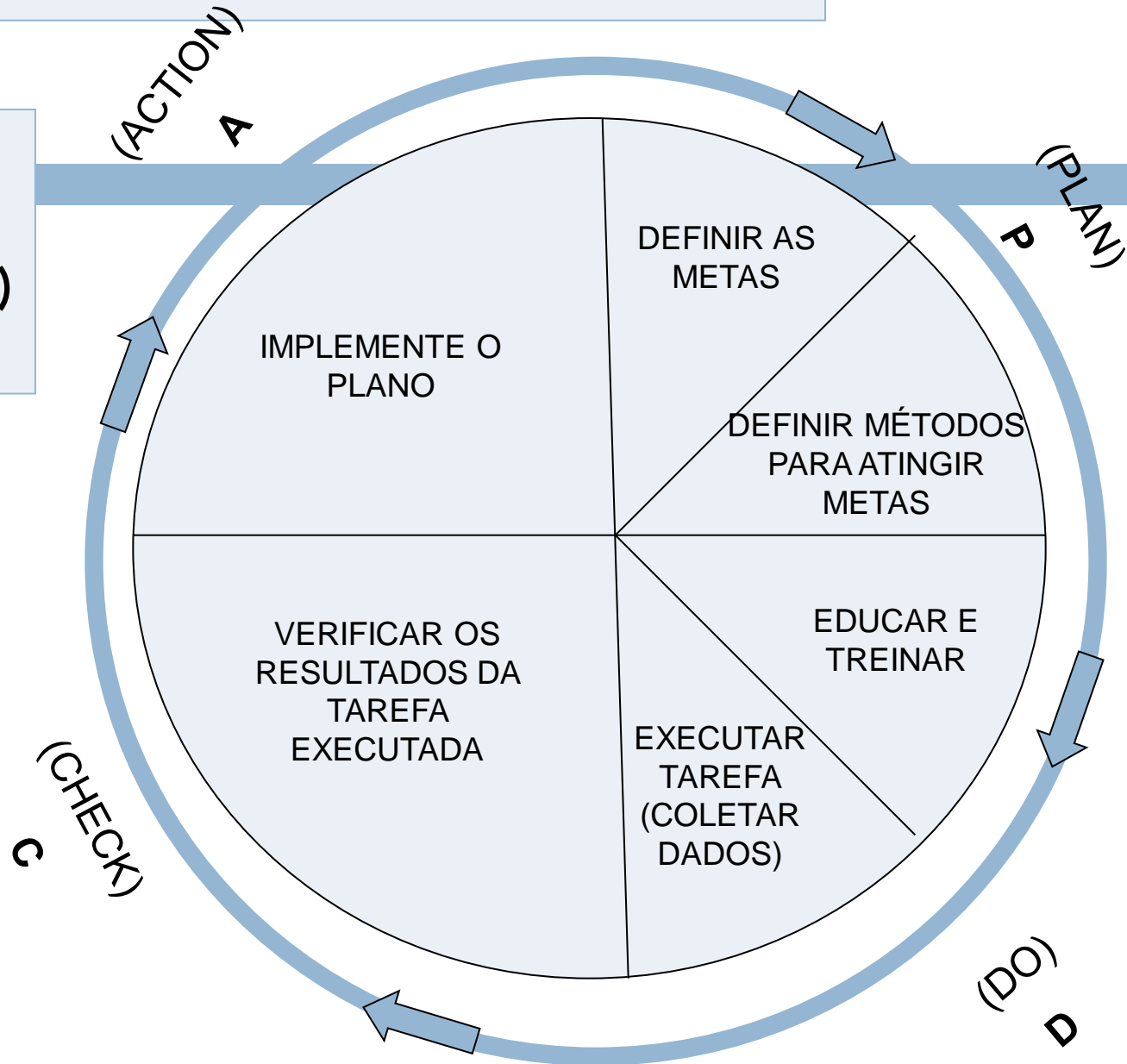


**P = Plan (Planejar)**  
**D = Do (Fazer)**  
**C = Check (Controlar)**  
**A = Act (Agir)**

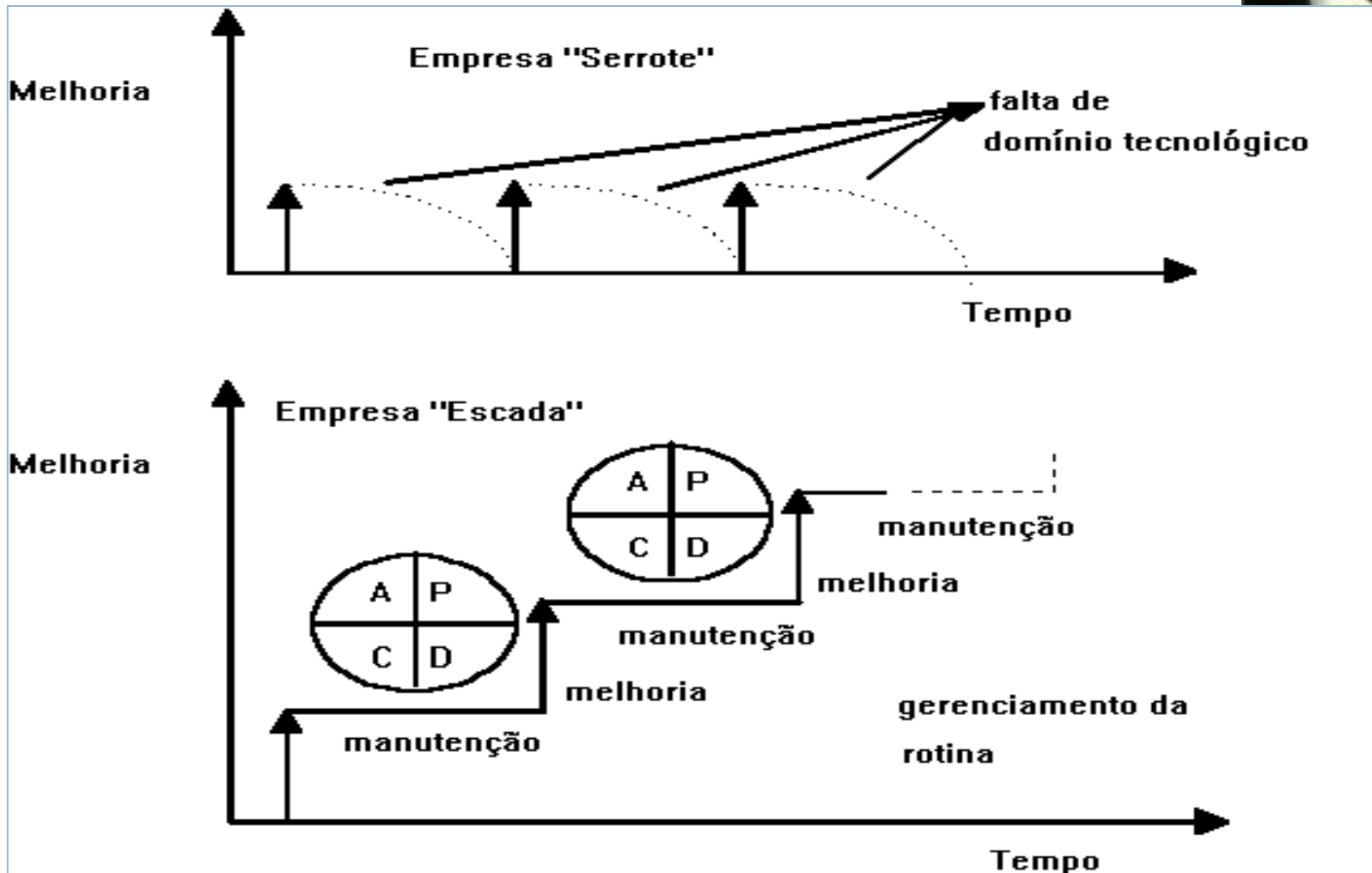


# APLICANDO O CICLO DO PDCA

**P = Plan (Planejar)**  
**D = Do (Fazer)**  
**C = Check (Controlar)**  
**A = Act (Agir)**



# Ciclo PDCA de Deming



# Gurus da Qualidade

Joseph M. Juran (1904-2008)

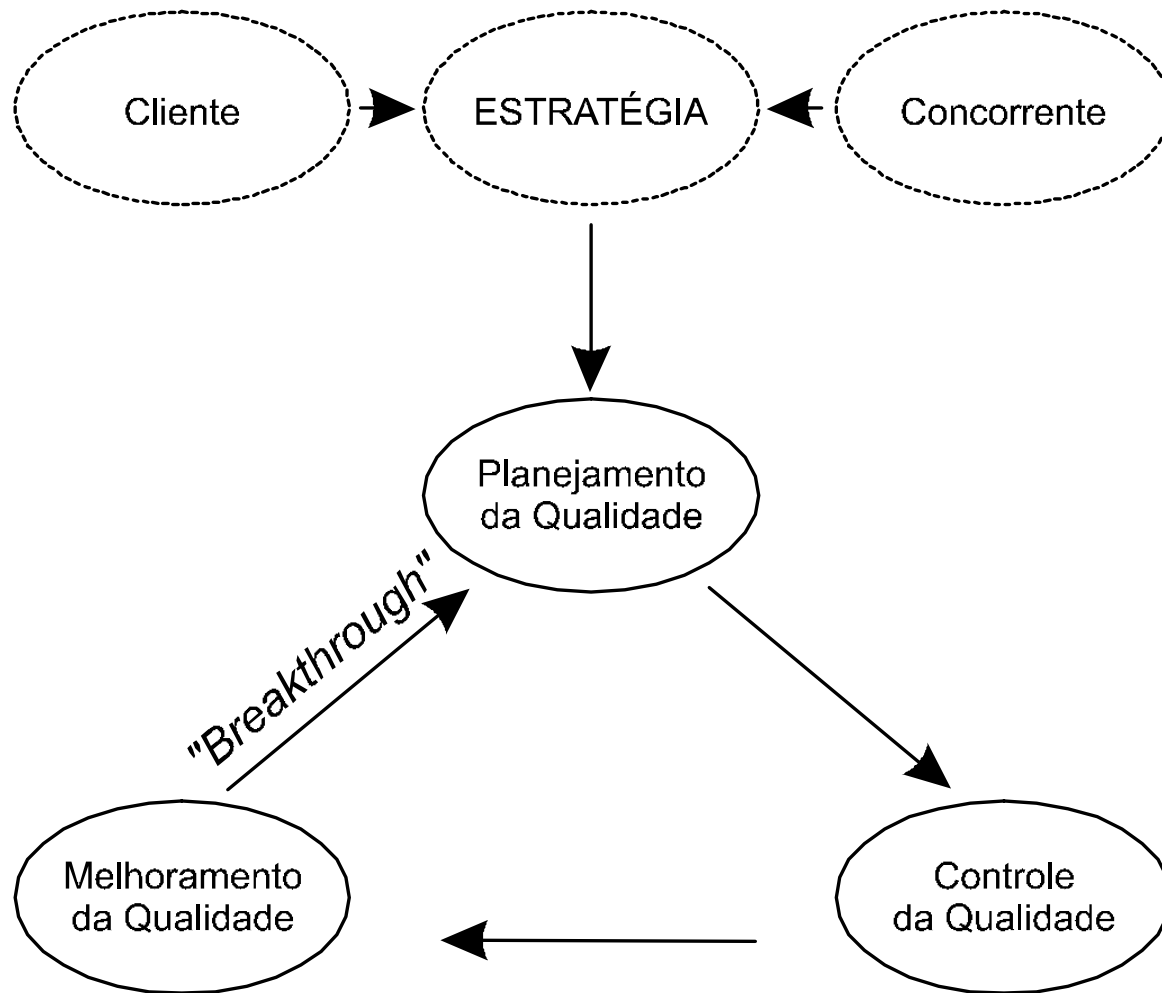


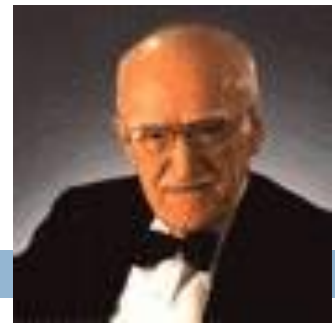
- Nasceu na Romênia, Engenheiro e Advogado
- Envolvimento da alta administração e dos funcionários fundamental para a qualidade

Qualidade: características dos produtos que atendem às necessidades dos clientes e, portanto, promovem satisfação

Qualidade é ausência de defeitos

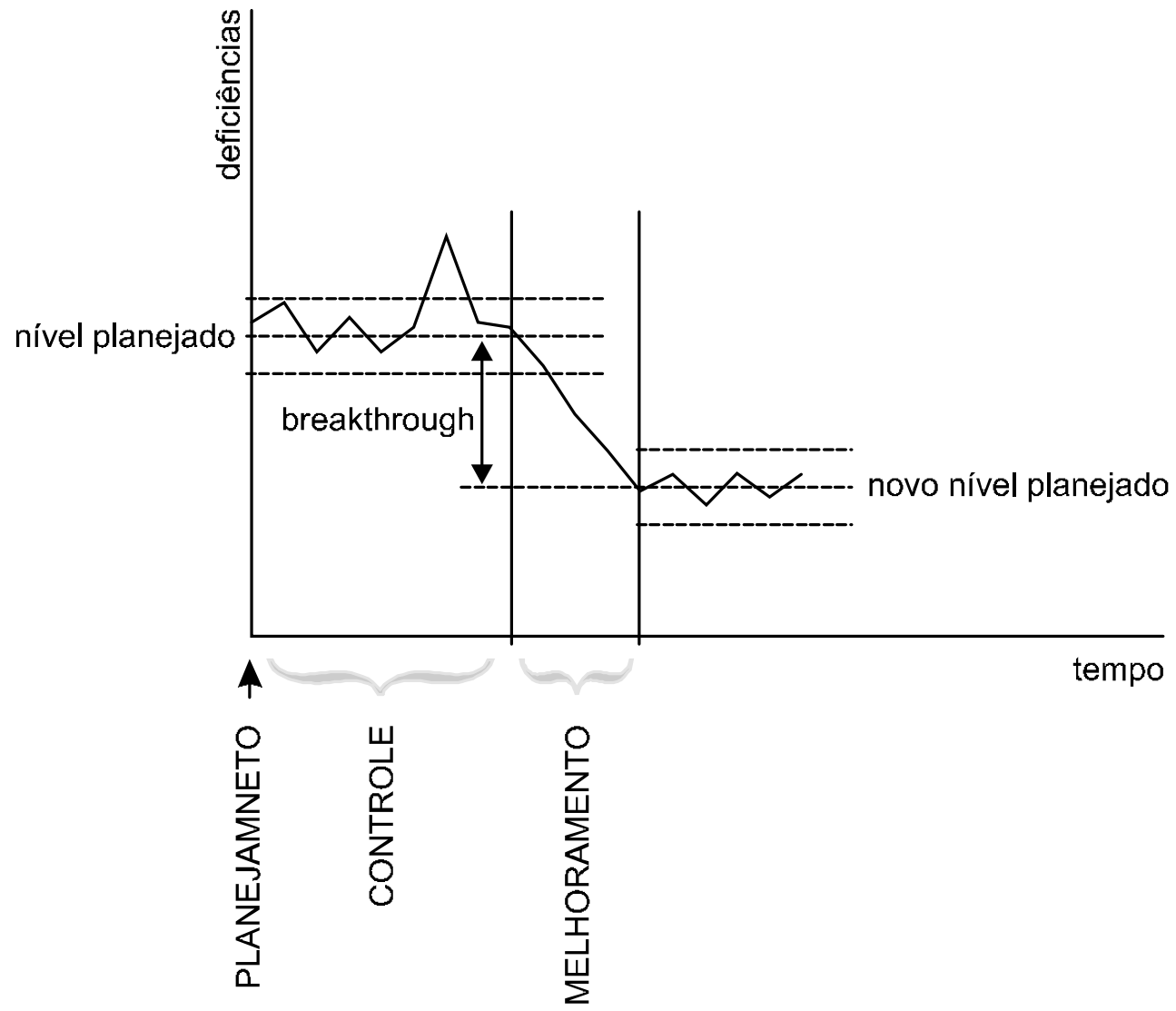
# Trilogia da qualidade + Enfoque estratégico





- ▣ Planejamento: estabelecimento de objetivos e dos meios para alcançá-los – desde metas de qualidade até desenvolvimento e controle de processos;
- ▣ Controle: definição do que deve ser controlado, meios para avaliar o desempenho, comparação do desempenho com as metas e ações corretivas;
- ▣ Aperfeiçoamento: busca de alto desempenho.

# Breakthrough





# Gurus da Qualidade

Armand Feigenbaum (1922 - ?)



Nasceu nos EUA, Engenheiro do MIT

Tratou a qualidade de forma sistêmica e formulou Controle Total de Qualidade (TQC-1951)

- Introduz o conceito de qualidade assegurada
  - Documentar as atividades e as estruturas organizacionais, os procedimentos técnicos e de gestão, as atividades de pessoas, máquinas e equipamentos que foram acordados
  - Fazer o que foi documentado
  - Comprovar que o que foi documentado está sendo feito.

“Qualidade é um conjunto de características do produto – tanto de engenharia, como de fabricação – que determina o grau de satisfação que irá proporcionar ao consumidor durante o uso.” Exige envolvimento de todos.

# Gurus da Qualidade

Armand Feigenbaum (1922 - ?)



## Total Quality Control (TQC)

- “Sistema efetivo para integrar os esforços dos vários grupos dentro de uma organização, no desenvolvimento da qualidade, na manutenção da qualidade e no melhoramento da qualidade, de maneira que habilite marketing, engenharia, produção e serviço com os melhores níveis econômicos que permitam a completa satisfação do cliente”.

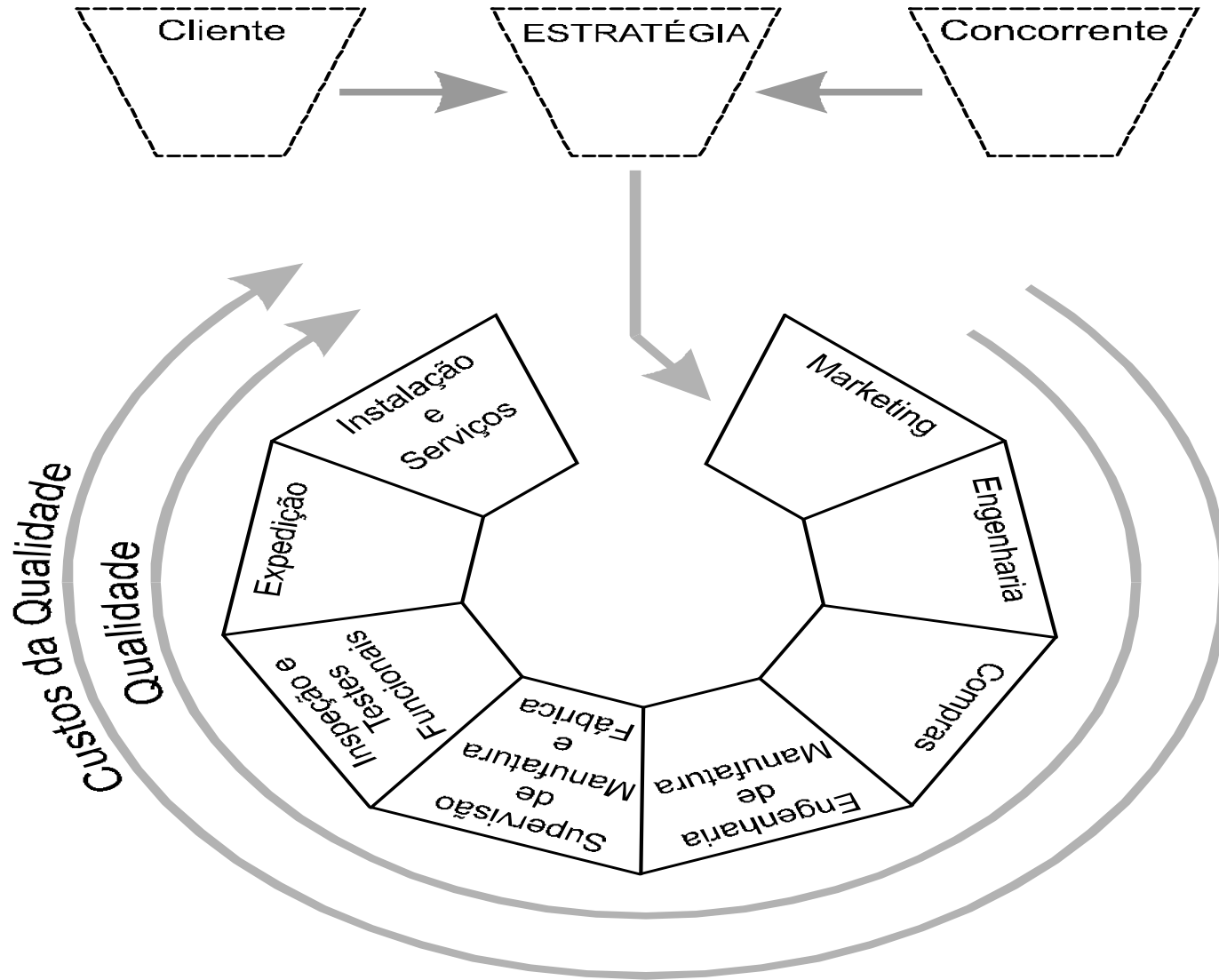
# Gurus da Qualidade

Armand Feigenbaum (1922 - ?)



## Total Quality Control (TQC)

1. Estabelecimento de padrões
2. Avaliação da conformidade
3. Agir quando necessário
4. Planejar para o melhoramento



# Gurus da Qualidade

Philip B. Crosby (1962 - ? )



- Nasceu nos EUA, Engenheiro e Consultor
- Programa “zero defeitos”:
  - Desempenho do sistema medido pelo custo da não conformidade (Má Qualidade)
  - Deve haver definição de um sistema de prevenção de defeitos para a atuação antes da sua ocorrência

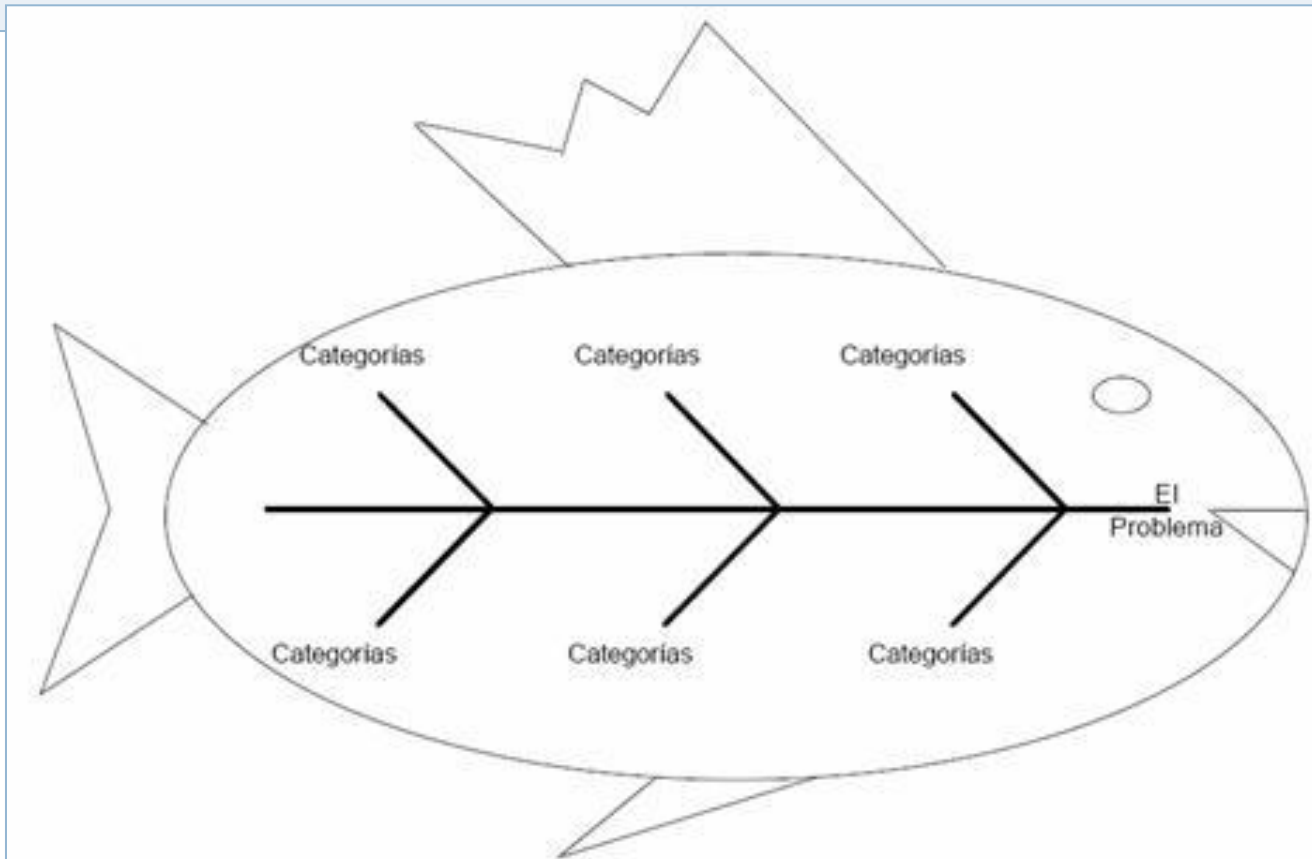
“Qualidade significa conformidade com as especificações.”

# Gurus da Qualidade

Kaoru Ishikawa (1913 - 1968)

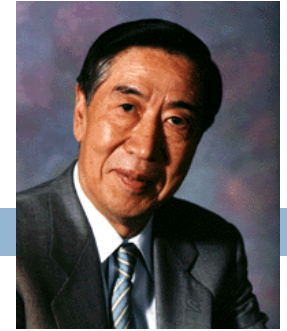


- Nasceu no Japão, Químico
- Diagrama de causa e efeito



# Gurus da Qualidade

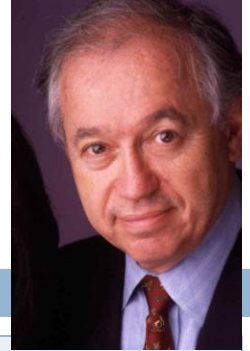
Genichi Taguchi (1924 - ?)



- Nasceu no Japão, Engenheiro e Estatístico
- Foco no projeto e não na produção, área que batizou de qualidade *off-line*
- Para satisfazer cliente era preciso criar um produto de qualidade robusta
- Mede a qualidade em termos de perdas geradas em valores monetários (\$)

“Qualidade é a diminuição das perdas geradas por um produto, desde a produção até seu uso pelos clientes.”

Shigeo Shingo (1909 – 1990)

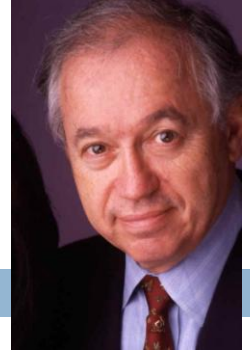


- Iniciou o movimento CWQC (Controle da Qualidade para Toda a Empresa)
- Contribuiu para o desenvolvimento do SMED (*Single Minute Exchange of Die*) e do Sistema Toyota de Produção (junto com Taichi Ohno)



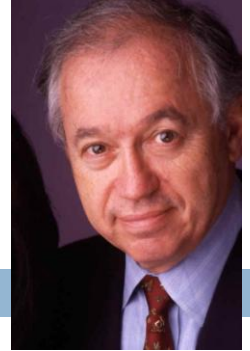
# Gurus da Qualidade

Shigeo Shingo (1909 – 1990)



- Diferença entre erro de defeito, considerando que os primeiro desencadeiam os segundos.
- Assim é preciso identificar os erros, corrigir suas causas e tomar ações efetivas para evitar sua repetição.
- Zero-Defeito (ZQC-Zero Quality Control): identificação do defeito 100% na fonte e não nas amostras.
- Auxiliado pelo dispositivos do *Poka-Yoke*

Shigeo Shingo (1909 – 1990)

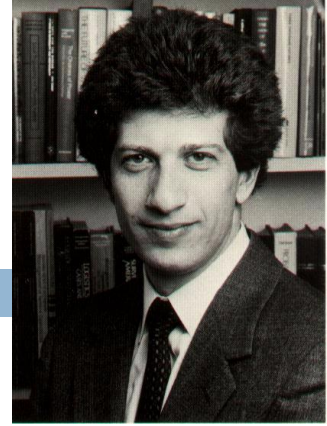


## Poka Yoke

- ▣ Detecção
- ▣ Minimização
- ▣ Facilitação
- ▣ Prevenção
- ▣ Substituição
- ▣ Eliminação

# Gurus da Qualidade

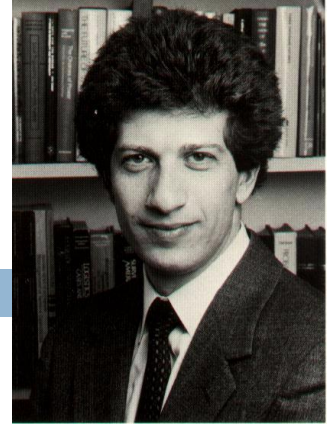
David Garvin (



- Nasceu nos EUA, PhD pelo MIT em Economia
- Ser melhor que a concorrência nos aspectos de qualidade que o cliente considera importantes
- Qualidade é um pacote com 8 dimensões

# Gurus da Qualidade

David Garvin



- Desempenho
- Características
- Confiabilidade
- Conformidade
- Durabilidade
- Manutenção
- Estética
- Qualidade percebida

# Planejamento e controle da qualidade

- Controlar ou não?
- O que controlar (será controlado o produto ou o processo?)
- O que controlar (que características do produto ou processo serão controladas?)
- Como controlar
- Quem deve controlar
- Quando controlar

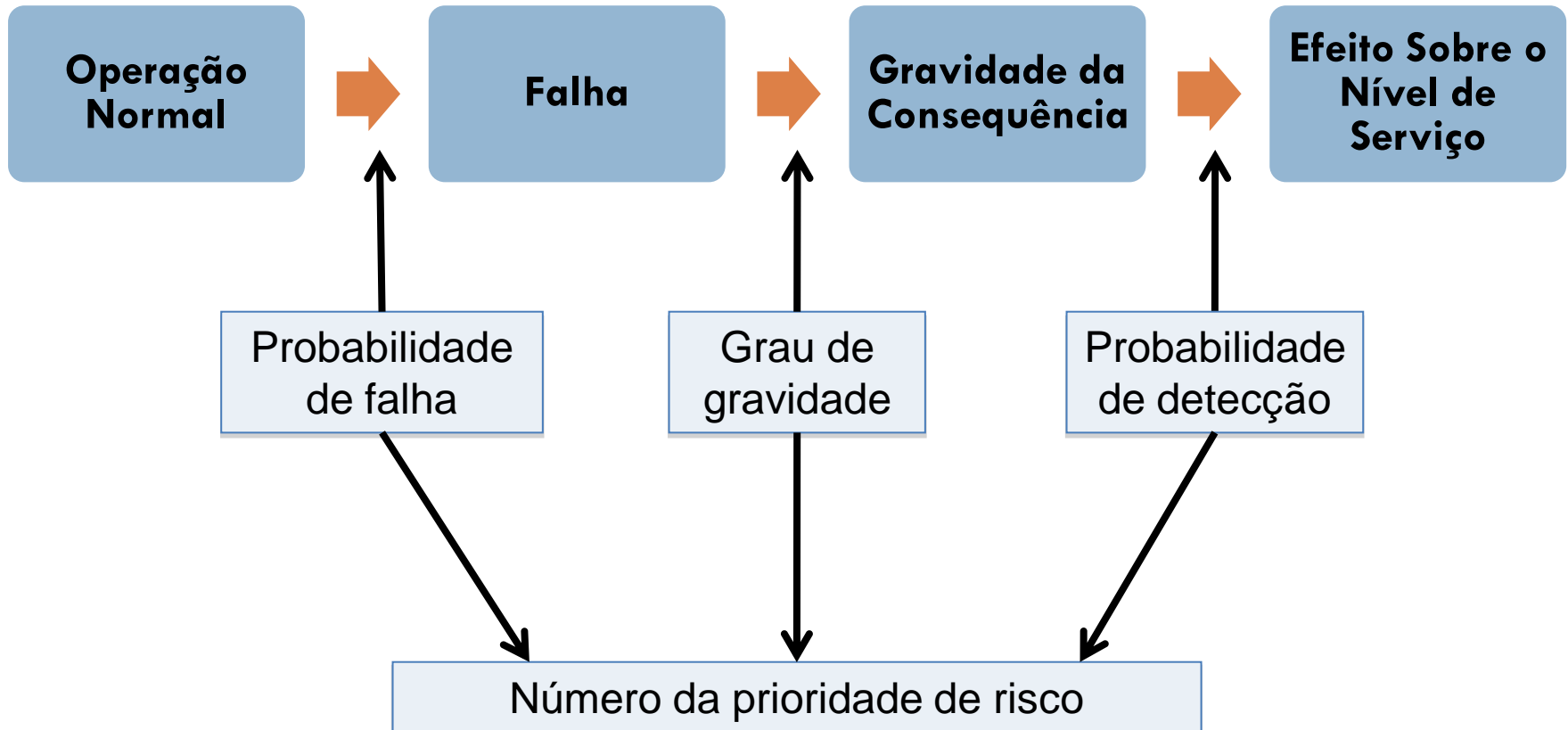
# FMECA – Failure Mode and Effect Analysis

## (Análise de Modos e Efeitos de Falha)

<p style="text-align: center;"><b>FMECA</b> <b>ANÁLISE DE MODO, EFEITO E CRITICIDADE DE FALHAS</b></p> <p> <input type="checkbox"/> PROJETO IDENTIFICAÇÃO: _____ DATA: _____  <input type="checkbox"/> PROCESSO IDENTIFICAÇÃO: _____ ÁREA: _____  TÍTULO: _____ RESPONSÁVEL: _____ </p>																	
ESCOPO		ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL				ATUAL				PLANO DE AÇÕES				MELHORADO			
COMPONENTE / SISTEMA	MODO DE FALHA	EFEITO DO MODO DE FALHA	CAUSA DO MODO DE FALHA	CONTROLE PREVISTO	SEVERIDADE	FREQUÊNCIA	DETECÇÃO	RISCO	AÇÃO CORRETIVA RECOMENDADA	RESPONSÁVEL	DATA PREVISTA	DATA REALIZADA	FREQUÊNCIA	SEVERIDADE	DETECÇÃO	RISCO	
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	

# FMECA — Failure Mode and Effect Analysis

## (Análise de Modos e Efeitos de Falha)



# FMECA — Failure Mode and Effect Analysis

## (Análise de Modos e Efeitos de Falha)

### Etapa Inicial:

- ❑ O que poderia dar errado?
- ❑ Qual o efeito que teria essa falha?
- ❑ Quais são as principais causas dessa falha?



# FEMEA — Failure Mode and Effect Analysis

## (Análise de Modos e Efeitos de Falha)

### Etapa Avaliação:

- Qual a gravidade do efeito da falha?
- Qual a probabilidade dessa falha ocorrer?
- Qual a probabilidade de a falha ser detectada?

# Autocontrole

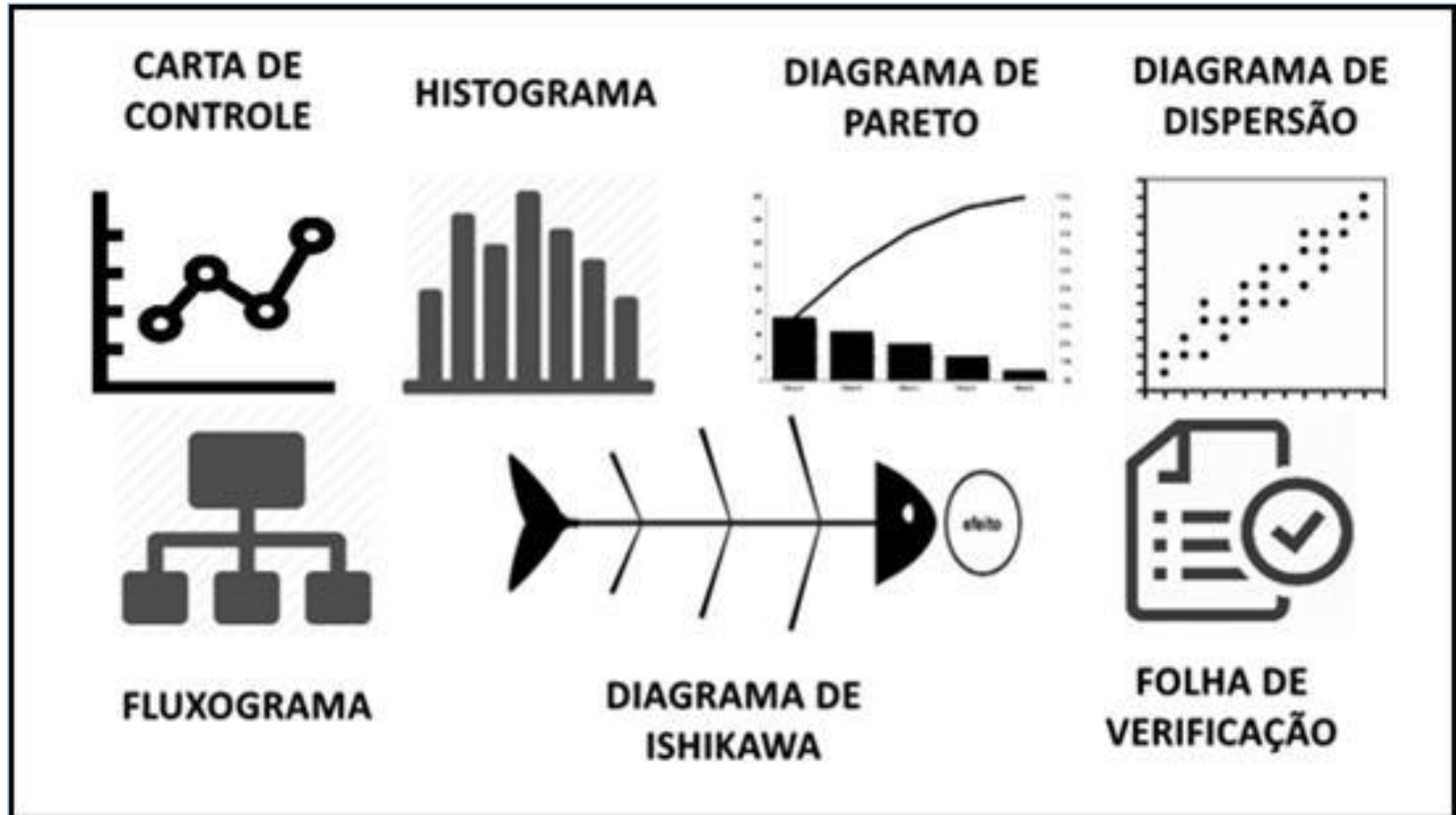
- O funcionário deve saber o que deve ser feito, o que se espera do seu trabalho - devem existir procedimentos explícitos, claros, à prova de má-interpretação e, quando aplicável, estar disponíveis no posto de trabalho;
- O funcionário deve saber o que (e como) o trabalho está sendo feito - instrumentos de verificação ou outras formas de permitir que o funcionário avalie continuamente o resultado do seu trabalho deverão ser providos e estar presentes;
- O funcionário deverá saber que conduta seguir no caso de constatar que o resultado do trabalho executado não corresponde ao que é dele esperado – receber *feedback*, ter acesso e domínio de mecanismos que permitam que mude a forma como está fazendo e corrija as discrepâncias verificadas.

# Sete Ferramentas da Qualidade

*“95% dos problemas relacionados à qualidade podem ser resolvidos com o uso de sete ferramentas quantitativas básicas”*

(Kaoru Ishikawa)

# Sete Ferramentas da Qualidade



# As 7 Ferramentas para a Qualidade

**1. Diagrama de Processos**

**2. Análise de Pareto**

**3. Diagrama de Causa e Efeito (ou de Ishikawa)**

**4. Diagramas de Correlação**

**5. Histogramas**

**6. Cartas de Controle de Processos**

**7. Folhas de Verificação**

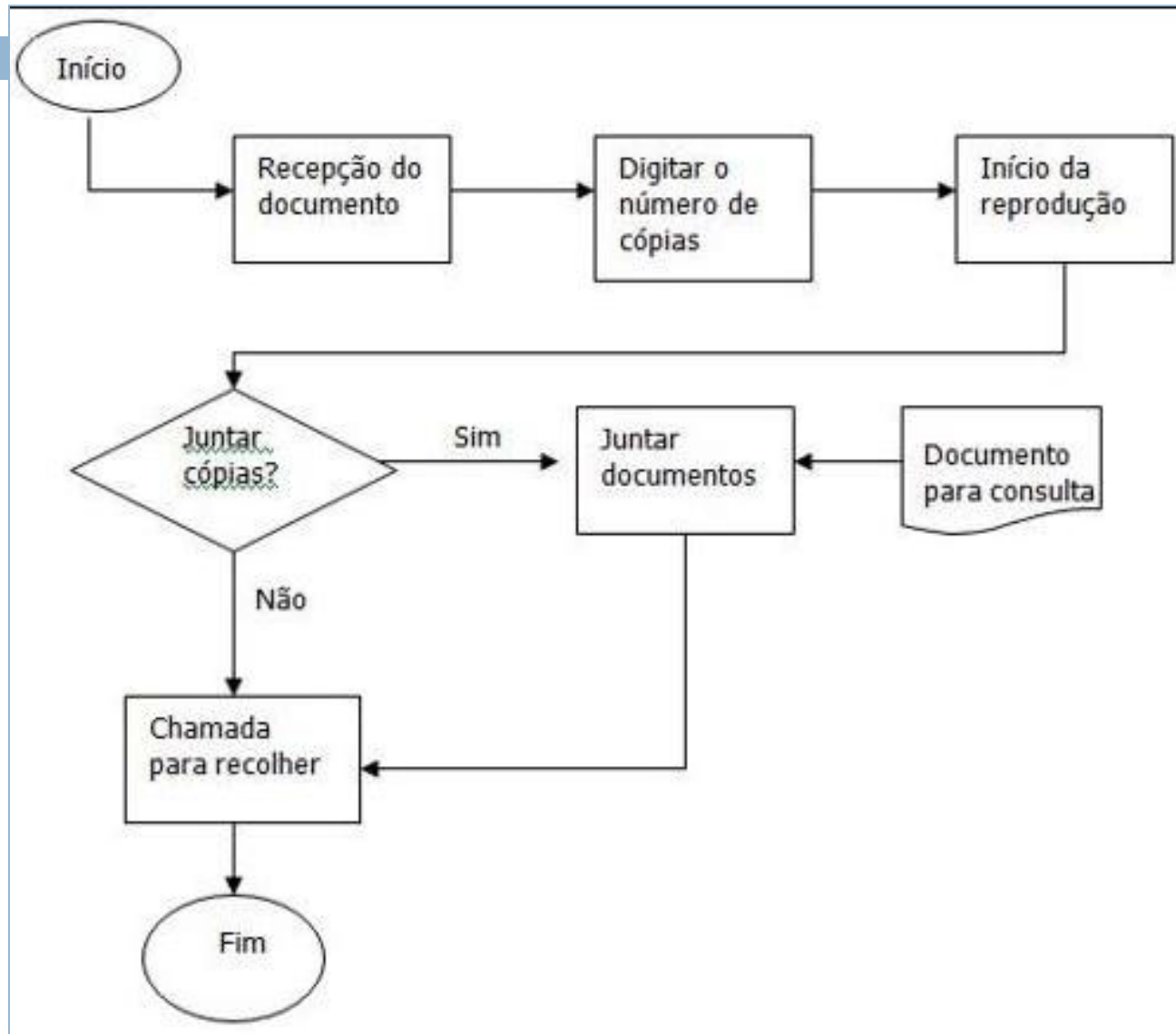
## Fluxograma

- Técnica desenvolvida para “representar o fluxo” de processos, através de formas e detalhes
- Objetivos
  - ▣ padronizar a representação dos procedimentos
  - ▣ maior rapidez na descrição dos métodos
  - ▣ facilitar a leitura e o entendimento
  - ▣ facilitar a localização e a identificação dos aspectos mais importantes
  - ▣ maior flexibilidade
  - ▣ maior capacidade de análise.

# Símbolos de Fluxograma



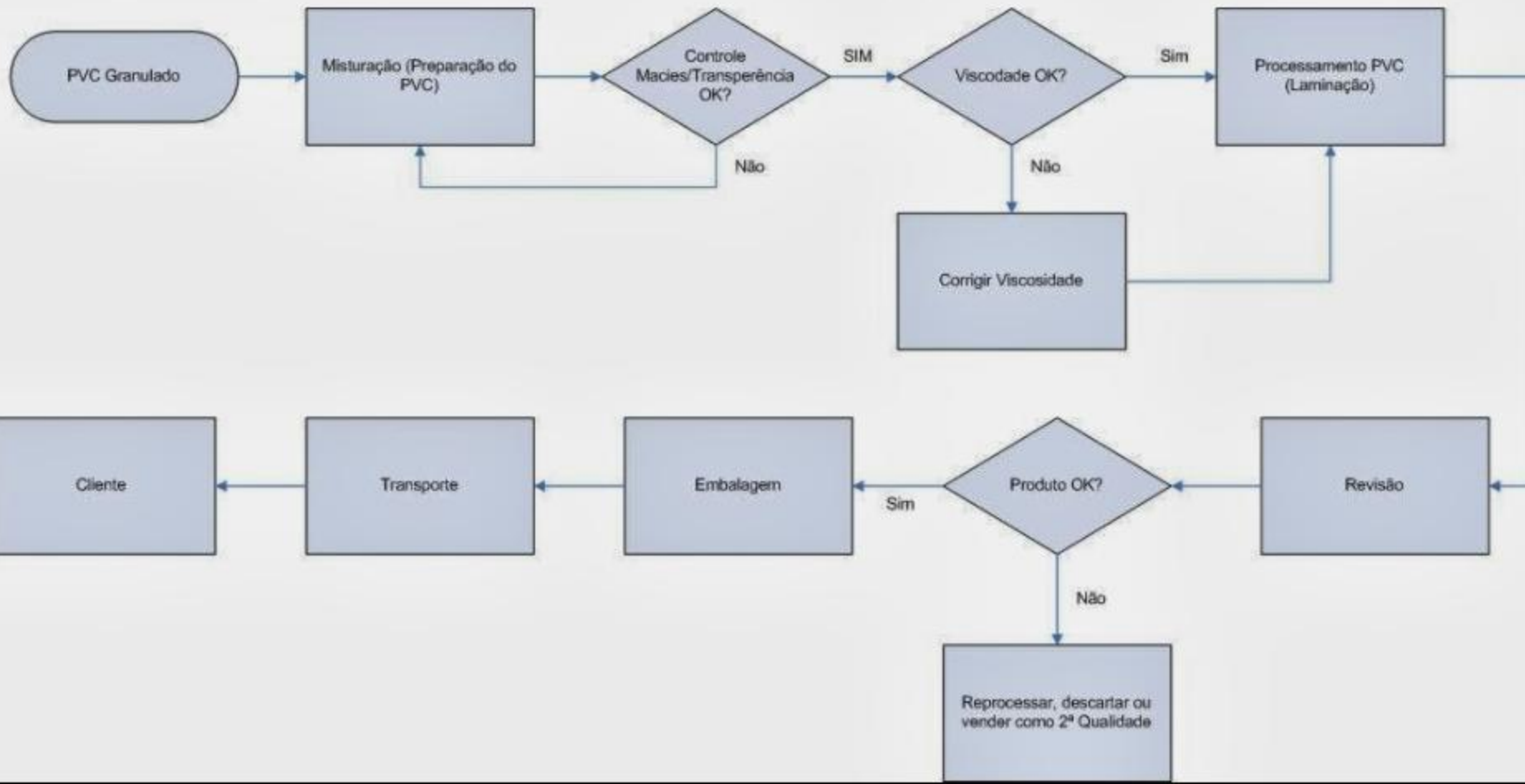
# Fluxograma





# Fluxograma

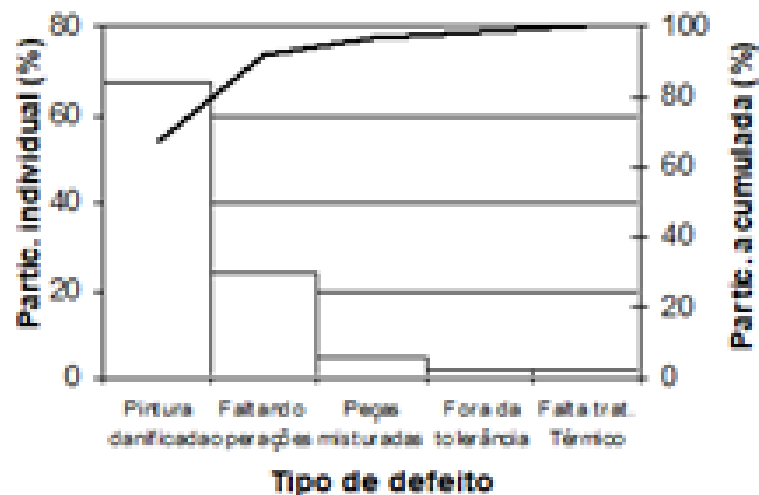
## Fluxograma Básico Processo de Laminação de PVC



# Curvas de Pareto para cada Fornecedor

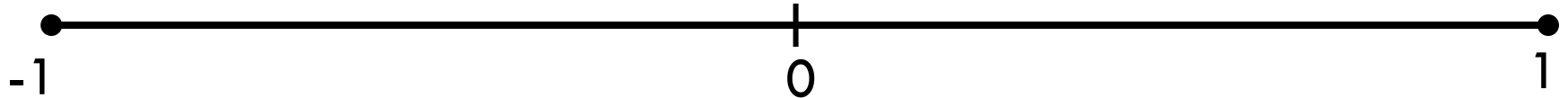
## FORNECEDOR O – PARETO DE DEFEITOS

TIPO DE DEFEITO	QTD. POR TIPO	PARTICIP. INDIVID. (%)	PARTICIP. ACUM. (%)
Pintura danificada	39	67,24	67,24
Faltando operações	14	24,14	91,38
Peças misturadas	3	5,17	96,55
Fora da tolerância	1	1,72	98,28
Falta trat. Térmico	1	1,72	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>		

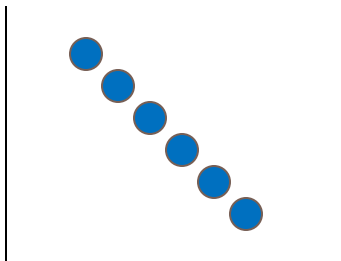


# Coeficiente de correlação

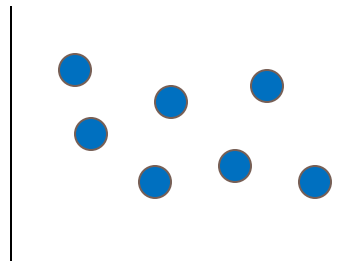
- A amplitude do coeficiente de correlação é -1 para 1.



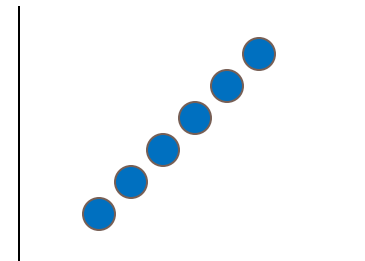
Se  $r = -1$  existe uma correlação negativa perfeita.



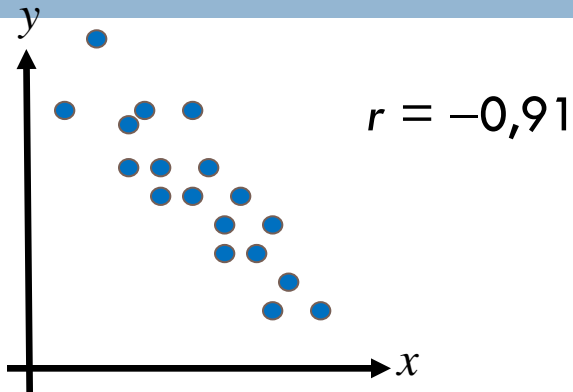
Se  $r$  está próximo de 0 não existe correlação linear.



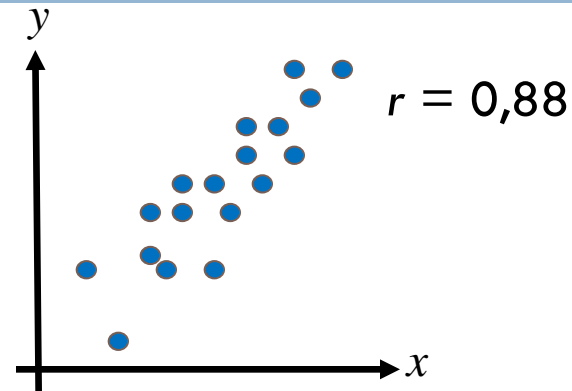
Se  $r = 1$  Existe uma correlação positiva perfeita.



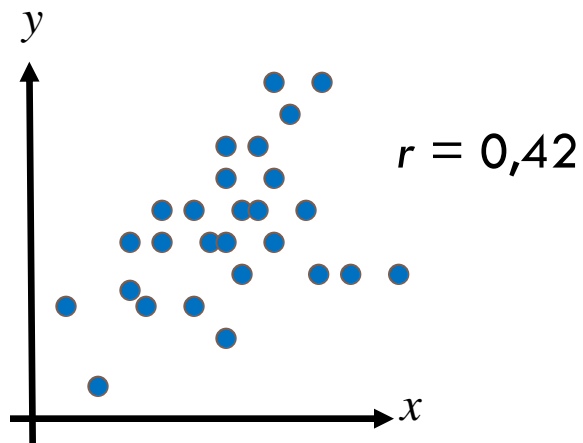
# Correlação linear



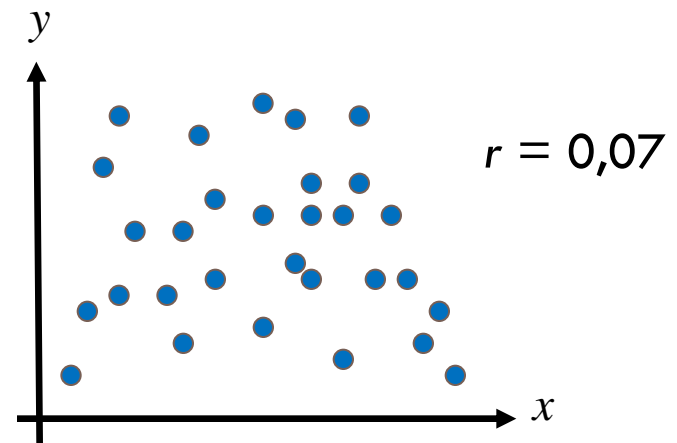
Correlação negativa forte



Correlação positiva forte



Correlação positiva fraca



Correlação não linear

# Correlação e Causalidade

- O fato de duas variáveis serem fortemente correlacionadas não implica uma relação de causa e efeito entre elas.
- Se há uma correlação significativa entre duas variáveis, você deve considerar as seguintes possibilidades

# Correlação e Causalidade

1. Existe uma relação direta de causa e efeito entre as variáveis? ( $x$  causa  $y$ ?)
2. Existe uma relação de causa e efeito reversa entre as variáveis? ( $y$  causa  $x$ ?)
3. É possível que a relação entre as variáveis possa ser causada por uma terceira variável ou por uma combinação de várias outras variáveis?
4. É possível que a relação entre as duas variáveis possa ser uma coincidência?

# Equação da linha de regressão

- $\hat{y} = mx + b$  onde

$$m = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \bar{y} - m\bar{x} = \frac{\sum y}{n} - m \frac{\sum x}{n}$$

- $\bar{y}$  é a média dos valores  $y$  no conjunto de dados
- $\bar{x}$  é a média dos valores  $x$  no conjunto de dados
- A linha de regressão sempre passa pelo ponto  $(\bar{x}, \bar{y})$

# 7 Ferramentas para a Qualidade

## 5. Histograma

Construa a distribuição de frequência e o histograma de frequência relativa para o conjunto de dados usando 5 classes. Qual classe tem maior frequência relativa e qual tem a menor?

Conjunto de dados: uma amostra dos saques realizados em caixa eletrônicos (em real)

35	10	30	25	75	10	30	20	20	10	40
50	40	30	60	70	25	40	10	60	20	80
40	25	20	10	20	25	30	50	80	20	



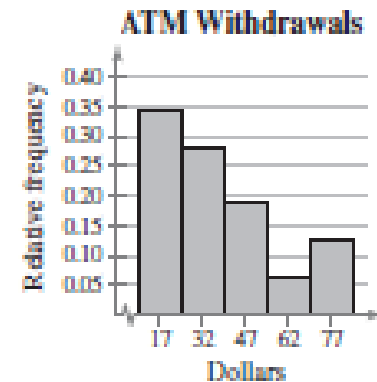
# Exercício

34. Class width =  $\frac{\text{Max} - \text{Min}}{\text{Number of classes}} = \frac{80 - 10}{5} = 14 \Rightarrow 15$

Class	Frequency	Midpoint	Relative frequency	Cumulative frequency
10-24	11	17	0.3438	11
25-39	9	32	0.2813	20
40-54	6	47	0.1875	26
55-69	2	62	0.0625	28
70-84	4	77	0.1250	32
	$\sum f = 32$		$\sum \frac{f}{n} = 1$	

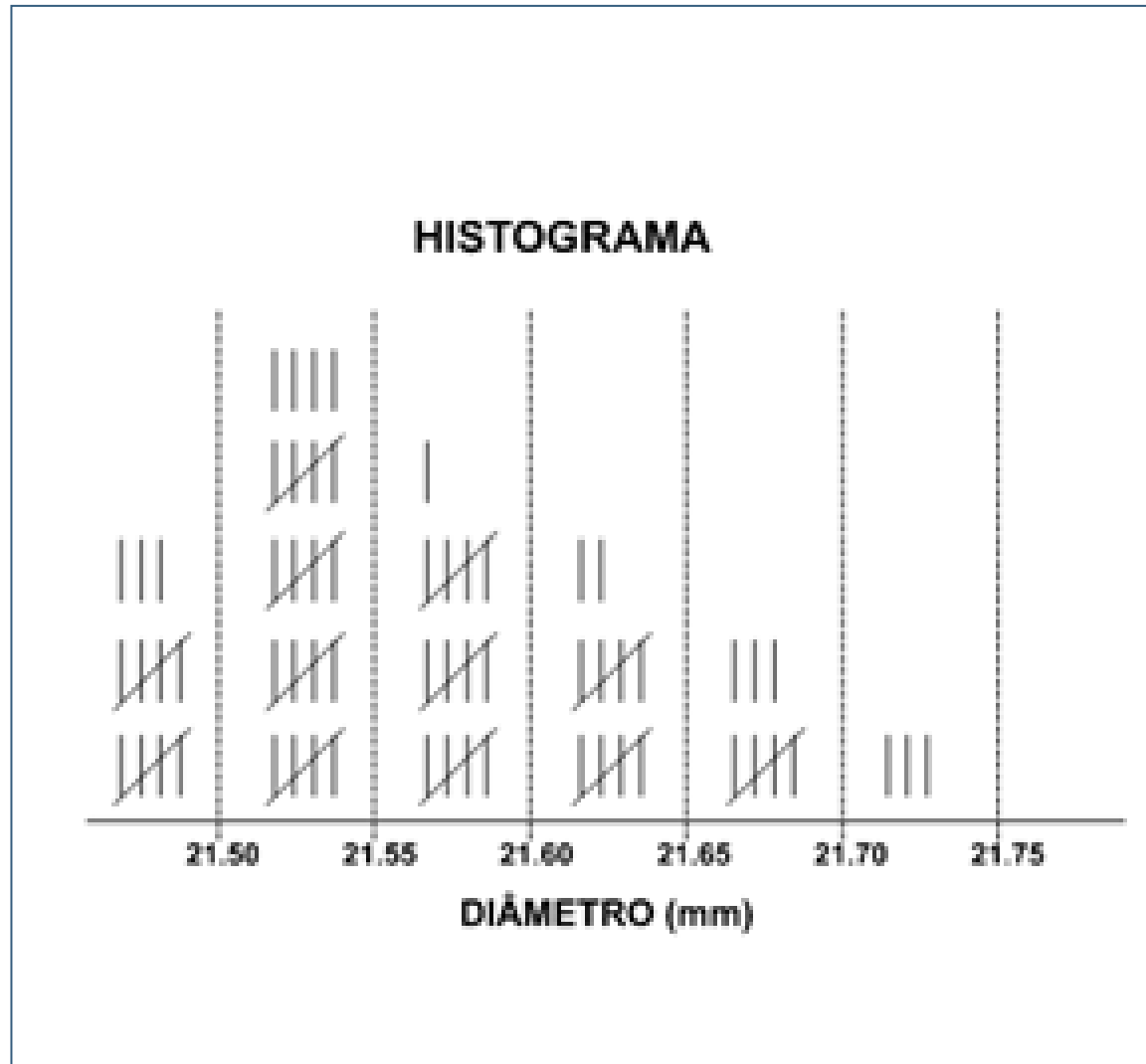
Class with greatest relative frequency: 10-24

Class with least relative frequency: 55-69

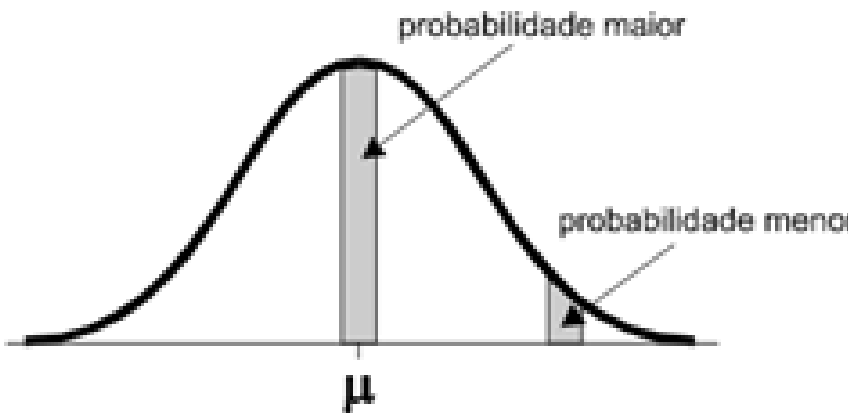
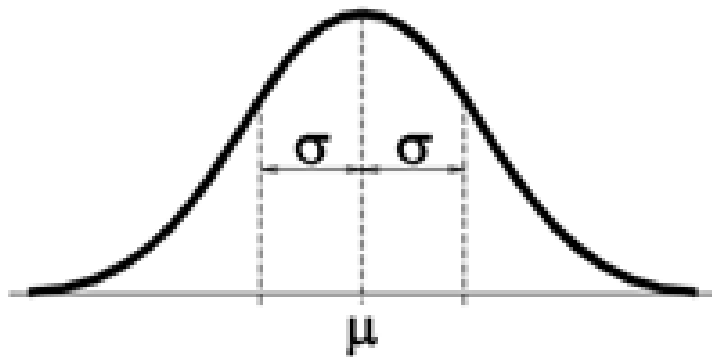


# 7 Ferramentas para a Qualidade

## 5. Histograma



# Curva Normal



OCORRÊNCIA	PROBABILIDADE
acima de $\mu$	50%
abaixo de $\mu$	50%
entre $\mu - \sigma$ e $\mu + \sigma$	68.26%
entre $\mu - 2\sigma$ e $\mu + 2\sigma$	95.44%
entre $\mu - 3\sigma$ e $\mu + 3\sigma$	99.74%

	DADOS COLETADOS					DADOS CALCULADOS		OPCIONAL
AMOSTRA	DIÂMETROS (mm)					MÉDIA	DESVIO PADRÃO	AMPLITUDE R
						$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$	$R = X_{max} - X_{min}$
1	12.20	12.31	12.48	12.30	12.43	12.34	0.11	0.27
2	12.08	12.22	12.41	12.16	12.28	12.22	0.13	0.35
3	12.29	12.26	12.12	12.03	12.66	12.27	0.24	0.64
4	12.44	12.24	12.08	12.38	12.23	12.27	0.15	0.38
5	12.43	12.02	12.20	12.27	12.32	12.25	0.15	0.41
6	12.51	12.15	12.45	12.15	12.10	12.27	0.19	0.41
7	11.92	12.42	12.43	12.20	11.96	12.19	0.24	0.51
8	12.21	12.28	12.32	12.29	12.32	12.29	0.04	0.11
9	12.41	12.38	12.03	12.32	12.39	12.31	0.16	0.38
10	12.09	12.18	12.19	12.37	12.37	12.24	0.12	0.28
11	12.15	12.06	12.22	12.14	12.14	12.14	0.06	0.16
12	12.00	12.49	12.13	12.09	11.95	12.13	0.21	0.54
13	11.97	12.32	12.16	12.26	12.17	12.18	0.13	0.35
14	12.10	12.22	12.36	12.40	12.43	12.30	0.14	0.32
15	12.13	12.33	12.26	12.29	12.23	12.25	0.07	0.19
16	11.93	12.02	12.17	12.21	12.35	12.14	0.16	0.42
17	12.16	12.47	12.14	12.47	12.21	12.29	0.16	0.33
18	12.19	11.96	12.50	12.50	12.29	12.29	0.23	0.54
19	12.27	12.19	12.40	12.19	12.26	12.26	0.09	0.21
20	12.20	12.76	12.31	12.41	12.35	12.41	0.21	0.57

# Estimação da média e da dispersão natural do processo

## Teorema do Limite Central

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\mu_{\bar{x}} = \mu$$

$\mu$  estimado pela média das médias

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}$$

Desvio Padrão Médio

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=0}^k S_i}{k}$$

$\sigma$  estimado pelo DP médio

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{c_4}$$

Amplitude Média

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

$\sigma$  estimado pela Amplitude Média

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

$c_4$  e  $d_2$  são fatores de correção dos estimadores  
 $k$  quantidade de amostras  
 $n$  elementos em cada amostra

# Estimação da média e da dispersão natural do processo

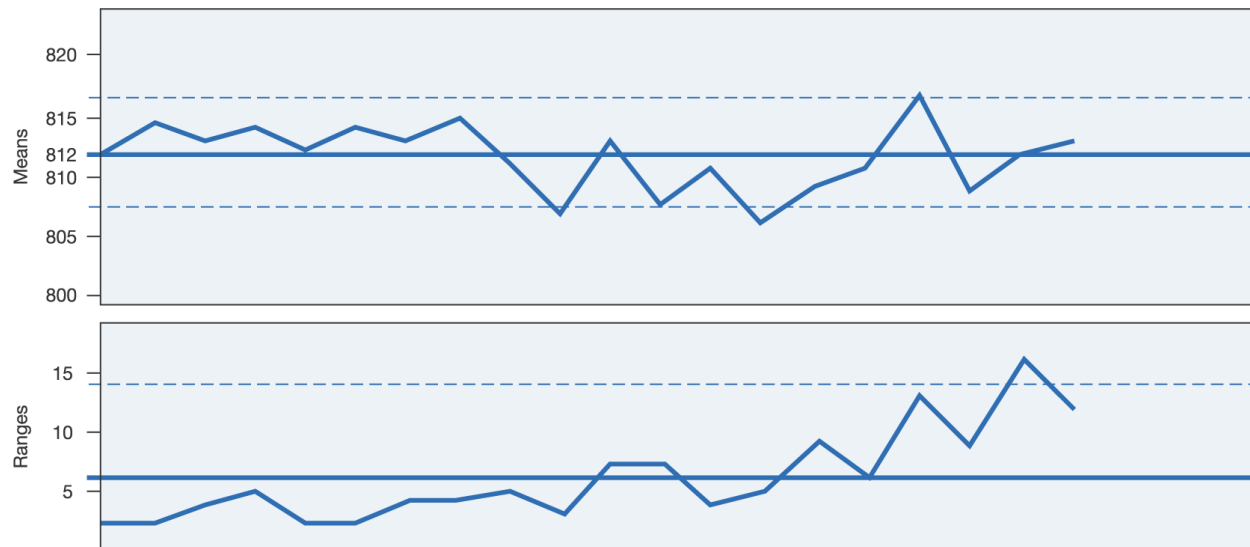
$\mu$ estimado pela média das médias	$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_1^k \bar{X}_i}{k}$	12,25
Desvio Padrão Médio	$\bar{S} = \frac{\sum_0^k S_i}{k}$	0,1504
$\sigma$ estimado pelo DP médio	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{c_4}$	0,1600
Amplitude Média	$\bar{R} = \frac{\sum_1^k R_i}{k}$	0,3687
$\sigma$ estimado pela Amplitude Média	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$	0,1585

$c_4$  e  $d_2$  são fatores de correção dos estimadores

# Formulário de Controle das máquinas

## Gráfico das médias $\bar{X}$ e de faixa $\bar{R}$

		GAM Quality Counts																		CHART				
PART NO. 73/70328A																								
PROCESS Torque Cap #3		PRODUCT Sli. box 707									TOLERANCE 807 - 817													
MACHINE M732		OPERATOR CH									UNITS g/cm <sup>3</sup>													
Date 2/6																								
Time		6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30			
Sample measurements	1	811	813	811	817	812	813	813	817	808	805	813	812	811	808	812	808	808	804	804	813			
	2	812	814	813	814	813	814	815	813	813	808	812	805	813	806	813	809	818	813	812	819			
	3	813	815	815	812	812	814	813	814	811	806	816	806	811	803	808	813	819	812	812	813			
	4	812	814	813	813	811	815	811	815	813	807	809	808	809	805	804	814	821	808	820	807			
	5																							
Sum		3248	3256	3252	3248	3248	3256	3252	3259	3245	3225	3250	3231	3244	3222	3237	3244	3266	3237	3248	3252			
Mean, X		812	814	813	814	812	814	813	815	811	807	813	808	811	806	809	811	817	809	812	813			
Range, R		2	2	4	5	2	2	4	4	5	3	7	7	4	5	9	6	13	9	16	12			



# Limites para Carta de Controle da Média

Limites de Controle para Desvio Padrão (S)

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\overline{S}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$$
$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\overline{S}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$$

Limites de Controle para Amplitude (R)

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\overline{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$
$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\overline{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$



# Limites para Carta de Controle de Dispersão

Limites de Controle para Desvio Padrão (S)

$$LSC = \bar{S} + 3\bar{S} \frac{\sqrt{1-c_4^2}}{c_4} = \bar{S} \left( 1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1-c_4^2} \right) = \bar{S}B_4$$

$$LIC = \bar{S} - 3\bar{S} \frac{\sqrt{1-c_4^2}}{c_4} = \bar{S} \left( 1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1-c_4^2} \right) = \bar{S}B_3$$

Limites de Controle para Amplitude (R)

$$LSC = \bar{R} + 3\bar{R} \frac{d_3}{d_2} = \bar{R} \left( 1 + \frac{3d_3}{d_2} \right) = \bar{R}D_4$$

$$LIC = \bar{R} - 3\bar{R} \frac{d_3}{d_2} = \bar{R} \left( 1 - \frac{3d_3}{d_2} \right) = \bar{R}D_3$$

# Fatores de correção dos estimadores para cartas de controle

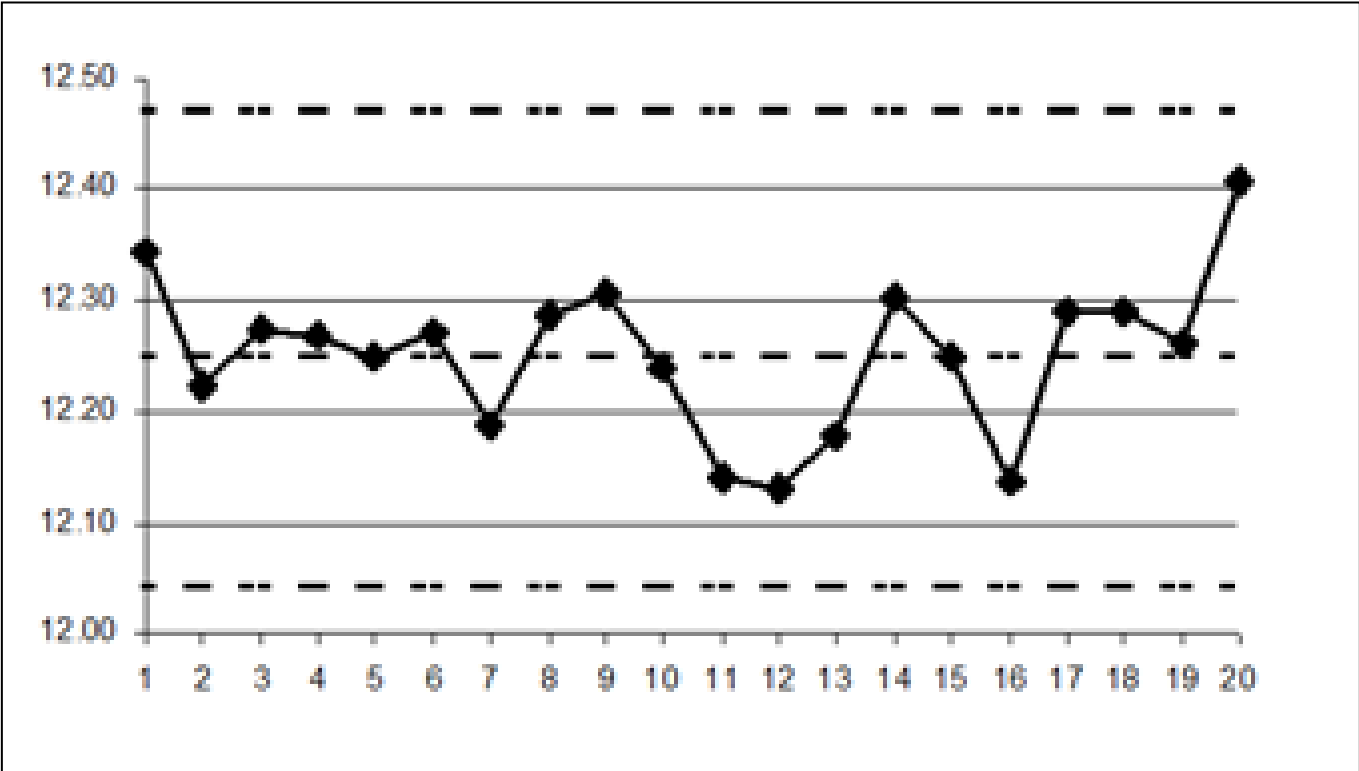
<b>n</b>	<b>c<sub>4</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>d<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>4</sub></b>	<b>D<sub>3</sub></b>	<b>D<sub>4</sub></b>
2	0.798	1.128	0.853	1.880	2.659	0	3.267	0	3.267
3	0.886	1.693	0.888	1.023	1.954	0	2.568	0	2.575
4	0.921	2.059	0.88	0.729	1.628	0	2.266	0	2.282
5	0.940	2.326	0.864	0.577	1.427	0	2.089	0	2.115
6	0.952	2.534	0.848	0.483	1.287	0.030	1.970	0	2.004
10	0.973	3.078	0.797	0.308	0.975	0.248	1.716	0.223	1.777
15	0.982	3.472	0.756	0.223	0.789	0.428	1.572	0.347	1.653
20	0.987	3.735	0.729	0.180	0.680	0.510	1.490	0.415	1.585
25	0.990	3.931	0.708	0.153	0.606	0.565	1.435	0.459	1.541

# Gráfico de Controle para Variáveis

- Gráfico  $\bar{X} - R$
- Dois gráficos em um
  - ▣ Gráfico para controlar a média da amostra  $\bar{X}$
  - ▣ Gráfico para controlar a variação dentro da amostra  $R$
- Limites de controle da média de amostras
  - ▣ Limite Superior de Controle  $LSC = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$
  - ▣ Limite Inferior de Controle  $LIC = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$
- Limites de controle para o gráfico de faixa
  - ▣ Limite Superior de Controle  $LSC = D_4\bar{R}$
  - ▣ Limite Inferior de Controle  $LIC = D_3\bar{R}$

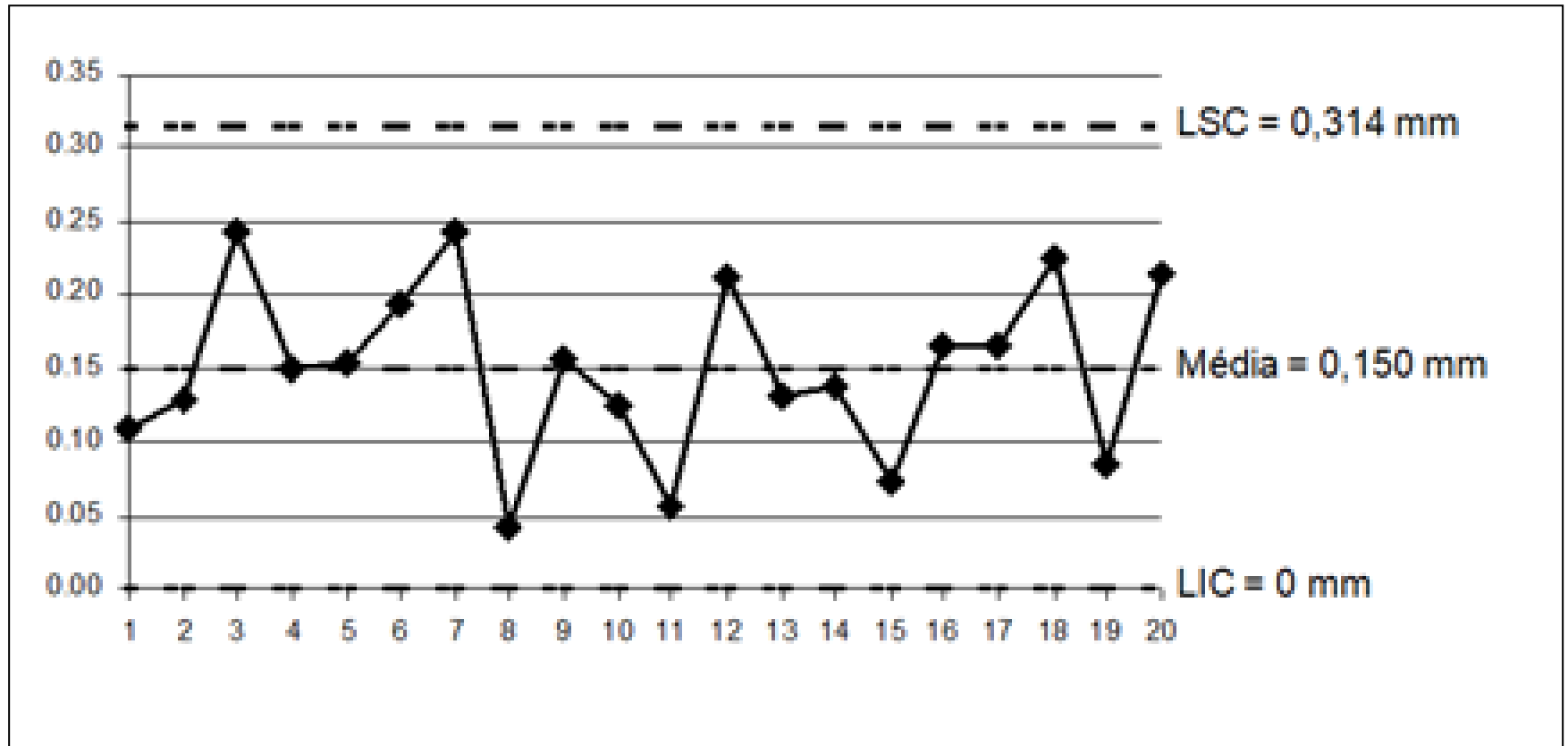
# Resultado da Médias dos 20 conjuntos

Limites de controle usando Desvio Padrão utilizando S Médio

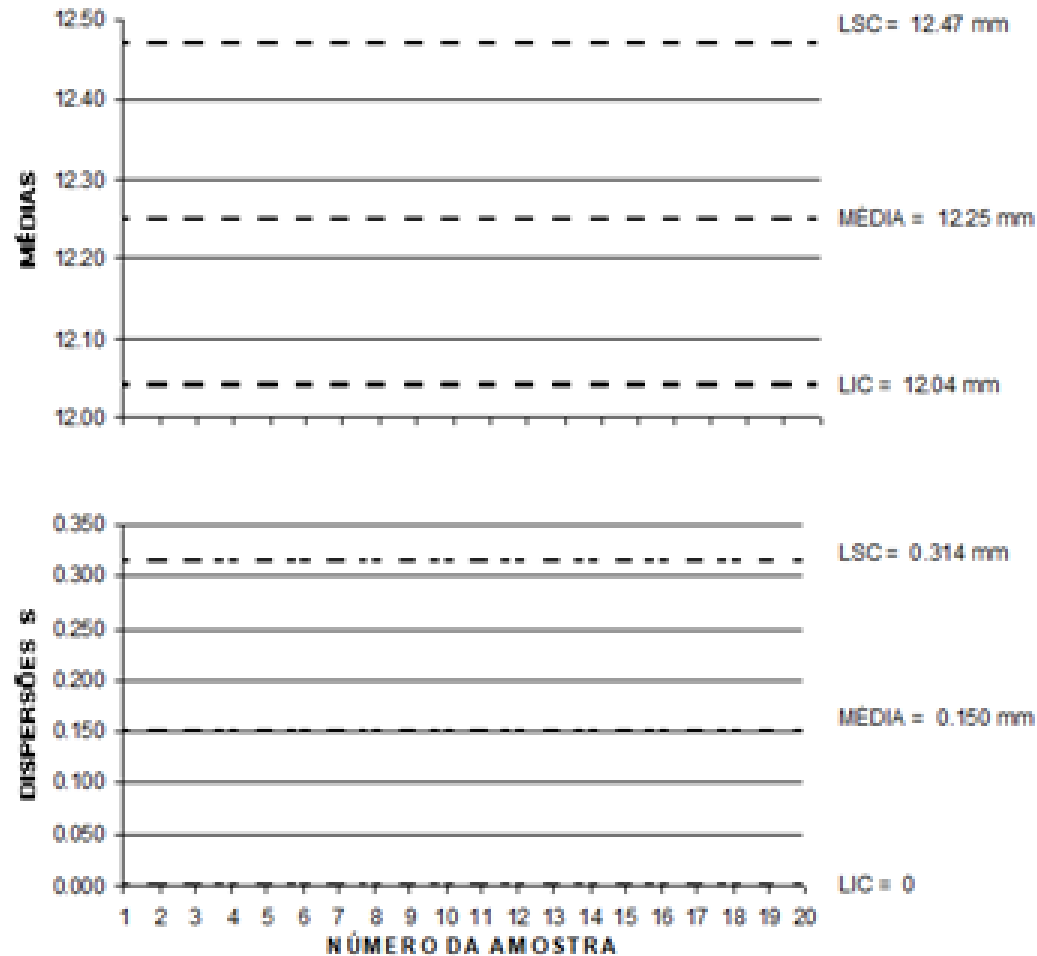


# Resultados das dispersões S

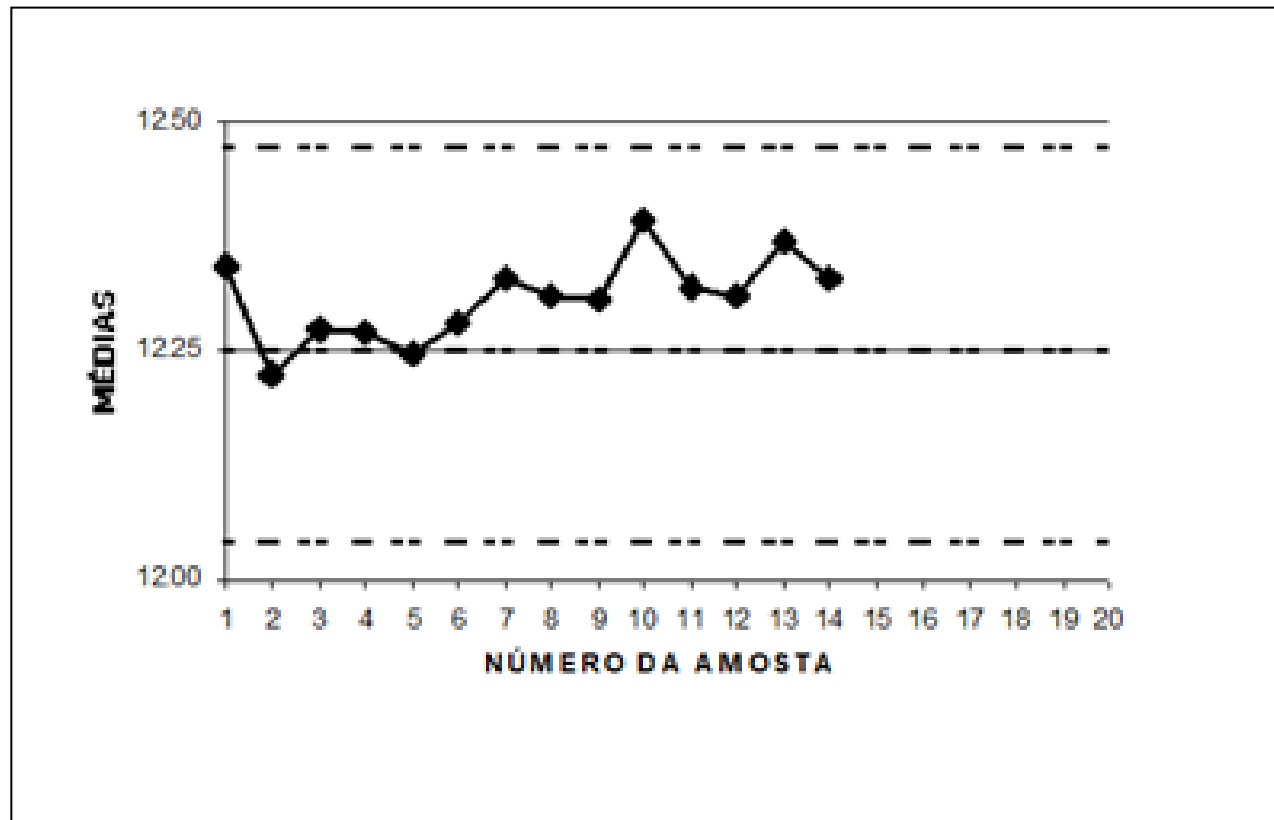
## Limites de controle usando S Médio



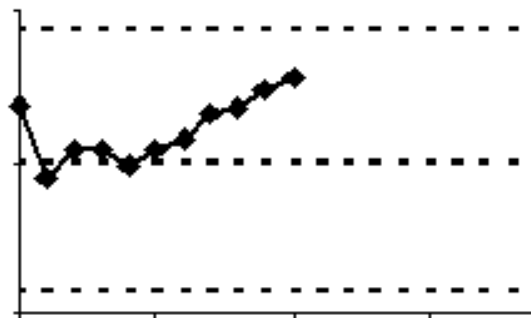
# Cartas de Controle Média e Desvio Padrão



# Causa Especial?



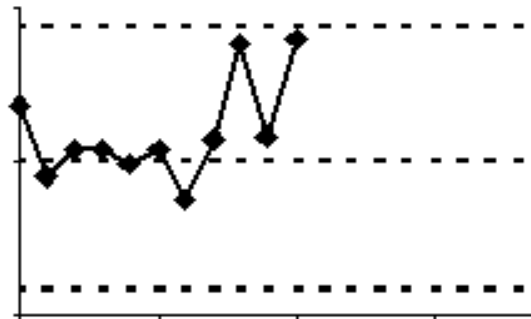
# Causas Especiais?



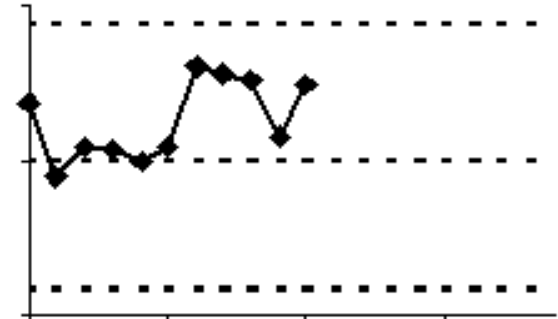
6 pontos consistentemente crescendo ou decrescendo



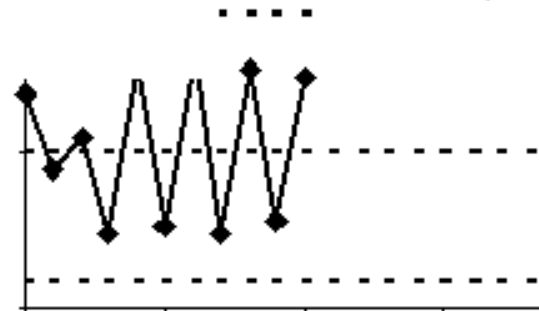
14 pontos em seqüência, alternando altos e baixos



2 pontos (de 3) muito próximos ao limite superior ou ao limite inferior



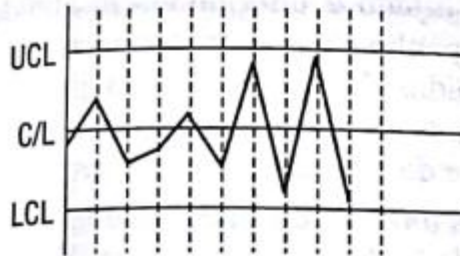
4 pontos (de 5) acima (ou abaixo) da metade da faixa superior (ou inferior) de controle



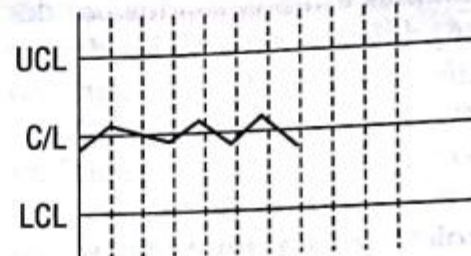
8 pontos em seqüência, alternados acima e abaixo da linha central e nenhum deles próximo ao centro



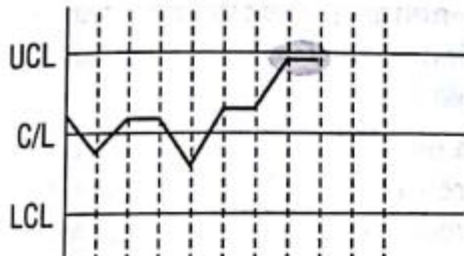
# Pontos que devem ser investigados



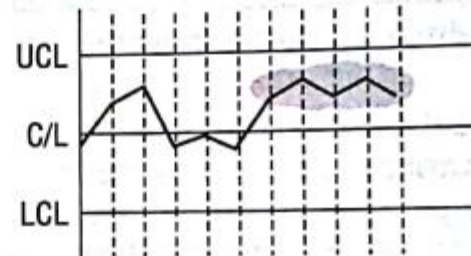
(a) Comportamento alternante – investigar



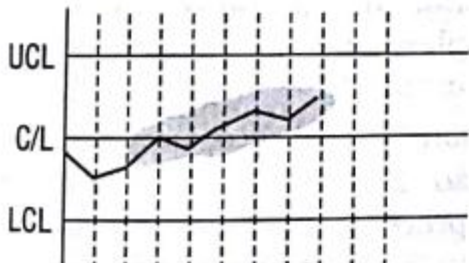
(d) Comportamento estranhamente na média – investigar



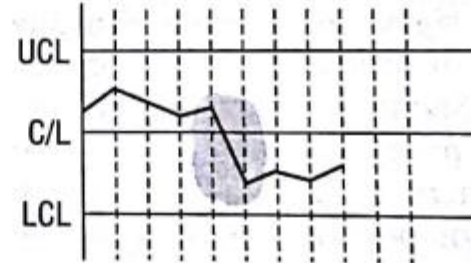
(b) Dois pontos próximos de um limite de controle – investigar



(e) Cinco pontos de um lado da linha central – investigar



(c) Tendência aparente em um sentido – investigar



(f) Súbita mudança do nível – investigar

**gura** 17.15 Além de pontos que caem fora dos limites de controle, outras sequências improváveis de pontos deveriam ser investigadas.

# Ferramentas para a Qualidade

## 6. Cartas de Controle por Atributo

$$\text{Linha Média} = \bar{p} = \frac{\sum_1^k p_i}{k}, \text{ onde } p_i = \frac{\text{defeitos}}{n}$$

$$LSC = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$LIC = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

# Ferramentas para a Qualidade

## 6. Cartas de Controle de Processo

Um empresa está preocupada com a fabricação de parafusos de metal especial usado por vários clientes importantes. Os dados completos de cinco amostras estão na tabela abaixo. O tamanho das amostras é 4. O processo está sob controle estatístico?

	1	2	3	4	R	$\bar{X}$
1	0,5014	0,5022	0,5009	0,5027		
2	0,5021	0,5041	0,5024	0,5020		
3	0,5018	0,5026	0,5035	0,5023		
4	0,5008	0,5034	0,5024	0,5015		
5	0,5041	0,5056	0,5034	0,5047		

# Ferramentas para a Qualidade

## 6. Cartas de Controle de Processo

Um empresa está preocupada com a fabricação de parafusos de metal especial usado por vários clientes importantes. Os dados completos de cinco amostras estão na tabela abaixo. O tamanho das amostras é 4. O processo está sob controle estatístico?

	1	2	3	4	R	$\bar{X}$
1	0,5014	0,5022	0,5009	0,5027	0,0018	0,5018
2	0,5021	0,5041	0,5024	0,5020	0,0021	0,5027
3	0,5018	0,5026	0,5035	0,5023	0,0017	0,5026
4	0,5008	0,5034	0,5024	0,5015	0,0026	0,5020
5	0,5041	0,5056	0,5034	0,5047	0,0022	0,5045
				<b>Média</b>	<b>0,0021</b>	<b>0,5027</b>

# O que é qualidade?

- ❑ Qualidade é perfeição?
- ❑ Qualidade nunca muda?
- ❑ Qualidade é algo abstrato, indefinido?
- ❑ Qualidade é algo produzido por um departamento da empresa?
- ❑ Qualidade é um requisito mínimo do produto?
- ❑ Qualidade é a capacidade de um produto ou serviço saírem de acordo com o projeto?
- ❑ Qualidade significa classes, estilos ou categorias de produtos ou serviços?