

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Outras técnicas

Referências Bibliográficas

# Controle de Qualidade

Lupércio França Bessegato

Especialização em Estatística



## Roteiro da apresentação

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

- 1 Qualidade na empresa
- 2 Fundamentos de CEP
- 3 Gráfico por variáveis
- 4 Capacidade do processo
- 5 Gráficos por atributos
- 6 Inspeção de qualidade
- 7 Referências Bibliográficas



Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## *Capacidade do Processo*



Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Capacidade do Processo

Capacidade de produzir itens de acordo com as especificações do projeto (itens conformes)

- Não está apenas vinculada à presença ou ausência de causas especiais;
- As causas especiais reduzem a capacidade do processo e aumentam o número de não-conformidades produzidas.



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## *Limites Naturais de Especificação e de Controle*



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Limites Naturais do processo

Valores de  $X$  situados a  $\mu_0 \pm 3 \sigma_0$

- Adotando  $\bar{\bar{X}}$  e  $R/d_2$  como estimativas de  $\mu_0$  e  $\sigma_0$ , temos:

$$LSN = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$LIN = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

- No exemplo,  $\bar{\bar{X}} = 999,7$  e  $R/d_2 = 4,514$ , então:

$$LSN = 999,7 + 3 \times 4,514 = 986,16$$

$$LIN = 999,7 - 3 \times 4,514 = 1013,24$$



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Limites de Controle para o Gráfico de $\bar{X}$

Valores de  $\bar{X}$  situados a  $\mu_0 \pm 3 \sigma_{\bar{X}}$

- No exemplo, teremos:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 1005,76$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 993,64$$

- Os Limites de Controle aplicam-se a médias amostrais.



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Limites de Especificação

São estabelecidos pela engenharia, visando minimizar as conseqüências de o produto estar fora deles

- No exemplo, foram dados:

$$LSE = 1015$$

$$LIE = 985$$

- Os Limites de Especificação aplicam-se a valores individuais de  $X$ ;
- Embora  $X$  e  $\bar{X}$  tenham as mesmas unidades físicas, a escala de variação de  $\bar{X}$  é menor que a dos valores individuais de  $X$  ( $\sigma_{\bar{X}} < \sigma$ );
- Não há sentido em comparar limites de especificação com limites de controle.

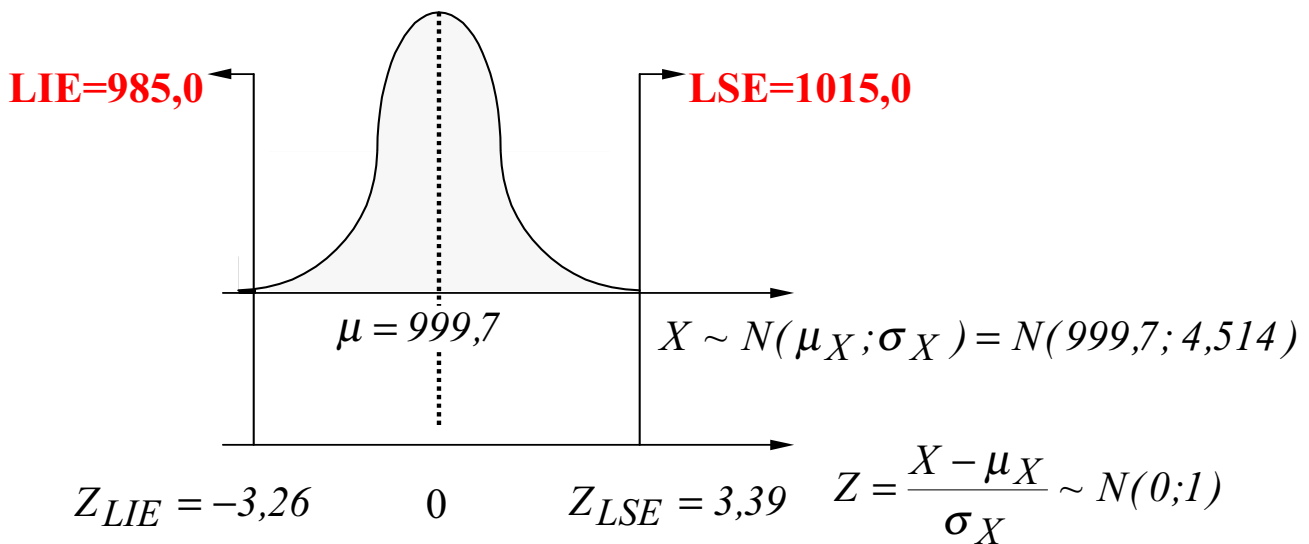


# Limites de Especificação

$$\bar{X} = 999,7 \text{ ml e } \bar{R} / d_2 = 10,5 / 2,326 = 4,514$$

$$\text{Limite Inferior de Especificação (LIE)} = 985 \quad (4.7)$$

$$\text{Limite Superior de Especificação (LSE)} = 1015 \quad (4.8)$$



Capítulo 4

## Capacidade do processo

### Porcentagem Fora da Especificação

- Quando o processo está em controle (estável e ajustado), o ideal é que toda a distribuição esteja dentro dos limites de especificação;
- No exemplo, a Porcentagem de Itens Fora da Especificação (*PFE*) para o processo sob controle é:

$$\begin{aligned} PFE &= P\{Z < Z_{LIE}\} + P\{Z > Z_{LSE}\} \\ &= P\left\{Z < \frac{985 - 999,7}{4,514}\right\} + P\left\{Z < \frac{1015 - 999,7}{4,514}\right\} \\ &= P\{Z < -3,256\} + P\{Z > 3,389\} \\ &= 0,091\% \end{aligned}$$

- O poder para o processo sob controle é:

$$\begin{aligned} Pd &= P\{Z < LIC\} + P\{Z > LIC\} \\ &= P\{Z < -3,00\} + P\{Z > 3,00\} = 0,091\% \end{aligned}$$

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Outras técnicas

Referências Bibliográficas



# Memória de Cálculo: PFE e Pd

Parâmetros Processo	
$\mu_0 =$	999,7
$\sigma_0 =$	4,514

Limites de Especificação	
LSE:	985,0
LIE:	1.015,0

Limites de Controle	
k:	3
n:	5

$\sigma_1$	$\mu_1$	$Z_{LIE}$	$Z_{LSE}$	$P\{Z < Z_{LIE}\}$	$P\{Z > Z_{LSE}\}$	PFE (%)	$Z_{LIC}$	$Z_{LSC}$	$P\{Z < Z_{LIC}\}$	$P\{Z > Z_{LSC}\}$	Pd (%)
4,514	999,7	-3,256	3,389	0,00056	0,00035	0,09	-3,000	3,000	0,00135	0,00135	0,27
4,514	1.000,0	-3,323	3,323	0,00045	0,00045	0,09	-3,149	2,851	0,00082	0,00218	0,30
4,514	1.001,0	-3,544	3,101	0,00020	0,00096	0,12	-3,644	2,356	0,00013	0,00924	0,94
4,514	1.002,0	-3,766	2,880	0,00008	0,00199	0,21	-4,139	1,861	0,00002	0,03139	3,14
4,514	1.003,0	-3,987	2,658	0,00003	0,00393	0,40	-4,635	1,365	0,00000	0,08607	8,61
4,514	1.004,0	-4,209	2,437	0,00001	0,00741	0,74	-5,130	0,870	0,00000	0,19214	19,21
4,514	1.005,0	-4,430	2,215	0,00000	0,01337	1,34	-5,625	0,375	0,00000	0,35395	35,39
4,514	1.006,0	-4,652	1,994	0,00000	0,02309	2,31	-6,121	-0,121	0,00000	0,54802	54,80
4,514	1.007,0	-4,874	1,772	0,00000	0,03818	3,82	-6,616	-0,616	0,00000	0,73105	73,11
4,514	1.008,0	-5,095	1,551	0,00000	0,06049	6,05	-7,111	-1,111	0,00000	0,86679	86,68
4,514	1.009,0	-5,317	1,329	0,00000	0,09190	9,19	-7,607	-1,607	0,00000	0,94594	94,59
4,514	1.010,0	-5,538	1,108	0,00000	0,13401	13,40	-8,102	-2,102	0,00000	0,98222	98,22

## Capacidade do processo

Valores de  $PFE$  e  $P_d$   
Especificações (985; 1015)

$\mu_1$	PFE	$P_d$	$\mu_1$	PFE	$P_d$
999,7	0,09	0,0027	1005	1,34	0,3539
1000	0,09	0,0030	1006	2,31	0,5480
1001	0,12	0,0094	1007	3,82	0,7311
1002	0,21	0,0314	1008	6,05	0,8668
1003	0,40	0,0861	1009	9,19	0,9459
1004	0,74	0,1921	1010	13,40	0,9822

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Porcentagem de Itens fora das Especificações e Poder do Gráfico da Média

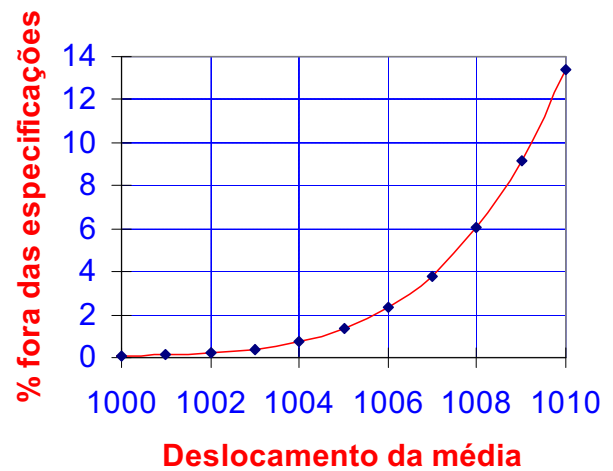
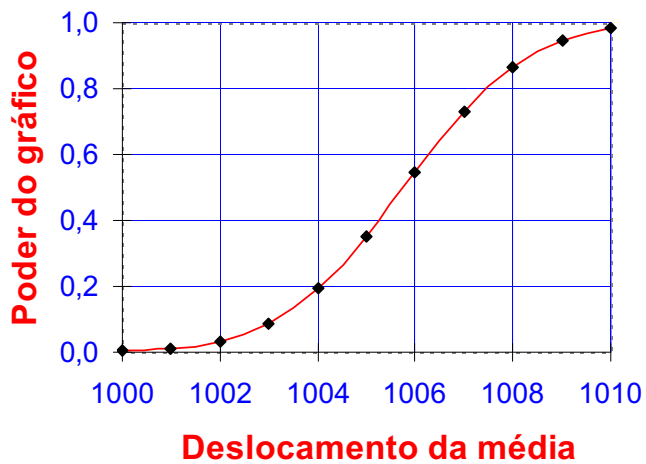


Figura 4.3 e 4.4: Especificações [985;1015]

Capítulo 4

## Porcentagem de Itens fora das Especificações e Poder do Gráfico da Média

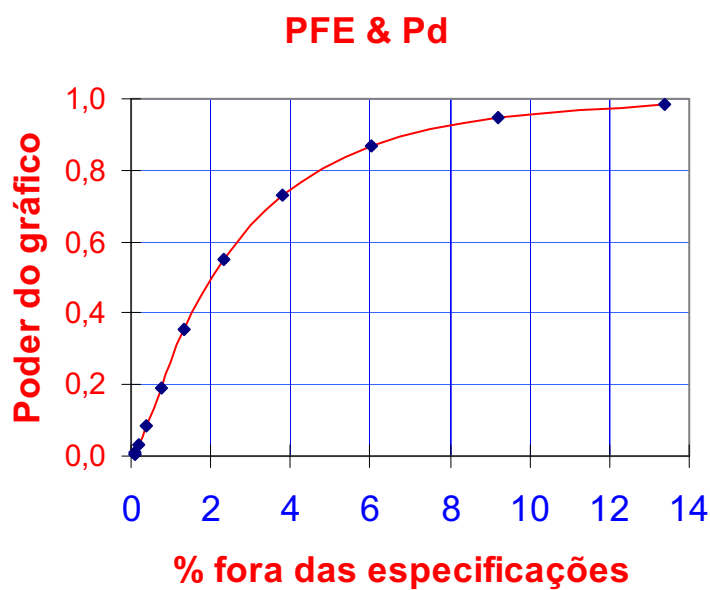


Figura 4.5: Curva Pd x PFE – especificações [985;1015]

Capítulo 4



# Memória de Cálculo: PFE e Pd

Parâmetros Processo	
$\mu_0 =$	999,7
$\sigma_0 =$	4,514

Limites de Especificação	
LSE:	988,0
LIE:	1.012,0

Limites de Controle	
k:	3
n:	5

$\sigma_1$	$\mu_1$	$Z_{LIE}$	$Z_{LSE}$	$P\{Z < Z_{LIE}\}$	$P\{Z > Z_{LSE}\}$	PFE (%)	$Z_{LIC}$	$Z_{LSC}$	$P\{Z < Z_{LIC}\}$	$P\{Z > Z_{LSC}\}$	Pd (%)
4,514	999,7	-2,592	2,725	0,00477	0,00322	0,80	-3,000	3,000	0,00135	0,00135	0,27
4,514	1.000,0	-2,658	2,658	0,00393	0,00393	0,79	-3,149	2,851	0,00082	0,00218	0,30
4,514	1.001,0	-2,880	2,437	0,00199	0,00741	0,94	-3,644	2,356	0,00013	0,00924	0,94
4,514	1.002,0	-3,101	2,215	0,00096	0,01337	1,43	-4,139	1,861	0,00002	0,03139	3,14
4,514	1.003,0	-3,323	1,994	0,00045	0,02309	2,35	-4,635	1,365	0,00000	0,08607	8,61
4,514	1.004,0	-3,544	1,772	0,00020	0,03818	3,84	-5,130	0,870	0,00000	0,19214	19,21
4,514	1.005,0	-3,766	1,551	0,00008	0,06049	6,06	-5,625	0,375	0,00000	0,35395	35,39
4,514	1.006,0	-3,987	1,329	0,00003	0,09190	9,19	-6,121	-0,121	0,00000	0,54802	54,80
4,514	1.007,0	-4,209	1,108	0,00001	0,13401	13,40	-6,616	-0,616	0,00000	0,73105	73,11
4,514	1.008,0	-4,430	0,886	0,00000	0,18778	18,78	-7,111	-1,111	0,00000	0,86679	86,68
4,514	1.009,0	-4,652	0,665	0,00000	0,25316	25,32	-7,607	-1,607	0,00000	0,94594	94,59
4,514	1.010,0	-4,874	0,443	0,00000	0,32887	32,89	-8,102	-2,102	0,00000	0,98222	98,22

## Capacidade do processo

Valores de  $PFE$  e  $P_d$   
Especificações (988; 1012)

$\mu_1$	PFE	$P_d$	$\mu_1$	PFE	$P_d$
999,7	0,80	0,0027	1005	6,06	0,3539
1000	0,79	0,0030	1006	9,19	0,5480
1001	0,94	0,0094	1007	13,40	0,7311
1002	1,43	0,0314	1008	18,78	0,8668
1003	2,35	0,0861	1009	25,32	0,9459
1004	3,84	0,1921	1010	32,89	0,9822

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## *Alarmes vs Itens Não Conformes*



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Outras técnicas

Referências Bibliográficas

- Um valor de  $\bar{X}$  fora dos limites de controle não implica necessariamente na produção de itens fora da especificação.
- Exemplo: 4 amostras de tamanho 5
- Valores individuais e médias de 4 amostras:

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\bar{X}$
999, 10	996, 17	1000, 73	1003, 83	1003, 60	1000, 68
1005, 20	993, 45	999, 30	1003, 29	996, 74	999, 59
992, 11	985, 91	1000, 09	1000, 86	986, 02	993, 00
1003, 75	1002, 44	1001, 38	1000, 47	999, 63	1001, 53





# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## *Índices de Capacidade do Processo*



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Índices de Capacidade

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

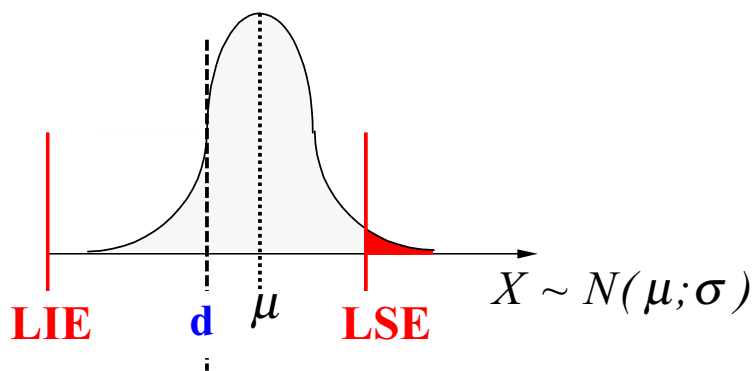
$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right\}$$

$$C_{pm} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (d - \mu)^2}}$$

- São adimensionais e medem indiretamente a capacidade do processo atender às especificações (quanto maior, melhor);
- Os índices se igualam quando  $d = \mu$  ( $d$ : ponto médio do intervalo de especificação);



$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (4.9)$$



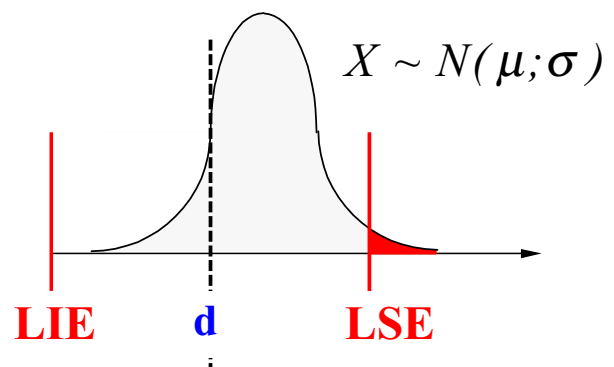
Capítulo 4

### Índices de Capacidade do Processo- $C_p$

Tabela 4.5: Valores de  $C_p$   
para **LIE=2 e LSE=8**

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

Caso	$(\mu; \sigma)$	$C_p$
(a)	(5;1)	1
(b)	(6;1)	1
(c)	(7;1)	1
(d)	(8;1)	1
(e)	(9;1)	1
(f)	(10;1)	1
(g)	(7;0,5)	2
(h)	(6;0,5)	2



Capítulo 4

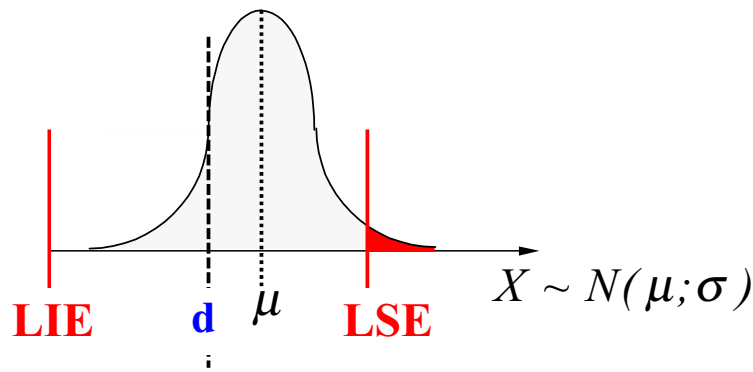






## Índices de Capacidade do Processo- Cpm

$$C_{pm} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (d - \mu)^2}} \quad (4.11)$$



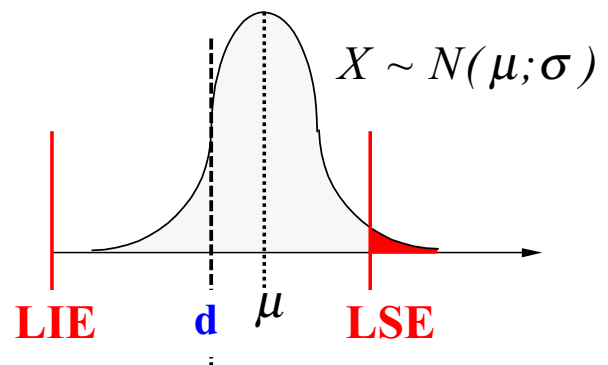
Capítulo 4

## Índices de Capacidade do Processo- Cpm

**Tabela 4.5: Valores de Cpk  
para LIE=2 e LSE=8**

$$C_{pm} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (d - \mu)^2}}$$

Caso	$(\mu; \sigma)$	Cpm
(a)	<b>(5;1)</b>	1
(b)	<b>(6;1)</b>	$1/\sqrt{1+1} = 0,707$
(c)	<b>(7;1)</b>	$1/\sqrt{1+4} = 0,447$
(d)	<b>(8;1)</b>	$1/\sqrt{1+9} = 0,316$
(e)	<b>(9;1)</b>	$1/\sqrt{1+16} = 0,243$
(f)	<b>(10;1)</b>	$1/\sqrt{1+25} = 0,196$
(g)	<b>(7;0,5)</b>	$1/\sqrt{0,25+4} = 0,485$
(h)	<b>(6;0,5)</b>	$1/\sqrt{0,25+1} = 0,894$



Capítulo 4

## Índices de Capacidade do Processo

Caso	$(\mu; \sigma)$	C <sub>pm</sub>	PFE
(a)	(5;1)	1	0,27
(b)	(6;1)	0,707	2,27
(c)	(7;1)	0,447	15,87
(d)	(8;1)	0,316	50,00
(e)	(9;1)	0,243	84,13
(f)	(10;1)	0,196	97,73
(g)	(7;0,5)	0,485	2,27
(h)	(6;0,5)	0,894	0,00

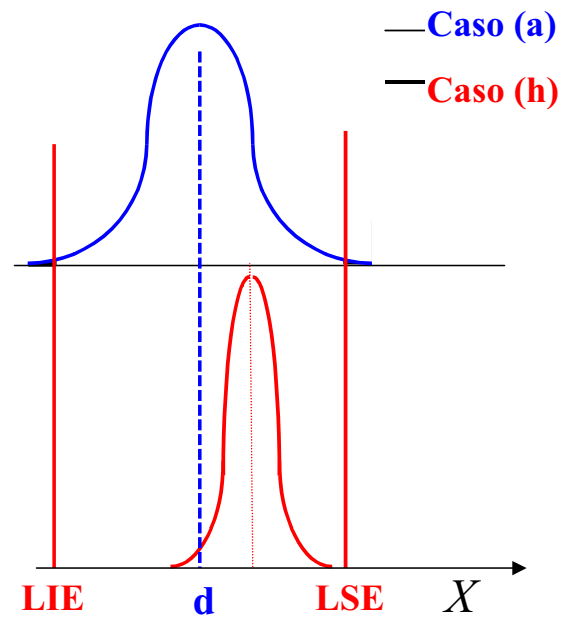


Figura 4.10: Comparação dos Casos (a) e (h) da Tabela 4.5

Capítulo 4

## Capacidade do processo

### $C_{pm}$ - Comentários

- $PFE_a > PFE_h$ , mas o  $C_{pm}$  de  $a$  é menor que o de  $h$ ;
- Penaliza os processos mais pela falta de centralidade do que pela  $PFE$
- É mais coerente com a visão de Taguchi: existe “perda” crescente com o afastamento da característica em relação a seu valor-alvo;
- Não é coerentes com a visão de que um item é **conforme** se o valor da característica de qualidade estiver entre  $LIE$  e  $LSE$  e **não conforme** em caso contrário;
- Não se aplica a especificação unilateral.

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Outras técnicas

Referências Bibliográficas

## Índices de Capacidade do Processo

Caso	$(\mu; \sigma)$	Cp	Cpk	Cpm	PFE
(a)	<b>(5;1)</b>	1	1	1	0,27
(b)	<b>(6;1)</b>	1	<b>0,667</b>	<b>0,707</b>	<b>2,27</b>
(c)	<b>(7;1)</b>	1	0,333	0,447	15,87
(d)	<b>(8;1)</b>	1	0	0,316	50,00
(e)	<b>(9;1)</b>	1	-0,333	0,243	84,13
(f)	<b>(10;1)</b>	1	-0,667	0,196	97,73
(g)	<b>(7;0,5)</b>	2	<b>0,667</b>	<b>0,485</b>	<b>2,27</b>
(h)	<b>(6;0,5)</b>	2	1,333	0,894	0,00

**Tabela 4.5: Valores de Cp, Cpk e Cpm para Diferentes Valores de  $\mu$  e  $\sigma$ , com **LIE=2** e **LSE=8****

Capítulo 4

## Índices de Capacidade do Processo

Caso	$(\mu; \sigma)$	Cpm	PFE
<b>(a)</b>	<b>(5;1)</b>	1	<b>0,27</b>
(b)	<b>(6;1)</b>	0,707	2,27
(c)	<b>(7;1)</b>	<b>0,447</b>	<b>15,87</b>
(d)	<b>(8;1)</b>	<b>0,316</b>	<b>50,00</b>
(e)	<b>(9;1)</b>	0,243	84,13
(f)	<b>(10;1)</b>	0,196	97,73
(g)	<b>(7;0,5)</b>	0,485	2,27
<b>(h)</b>	<b>(6;0,5)</b>	0,894	0,00

Capítulo 4

# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Outras técnicas

Referências Bibliográficas

## Comparação de Casos - Comentários

- O índice  $C_p$  é insensível a mudanças na média do processo; (casos:  $a - f$  e  $g - h$ )
- O índice  $C_{pk}$  assume valores negativos se a média do processo não pertencer ao intervalo das especificações; (casos:  $e - f$ )
- Desvantagens do índice  $C_{pm}$ :
  - processos com mesmas  $PFE$  podem ter valores de  $C_{pm}$  muito diferentes;
  - processos com  $PFE$  muito diferentes podem ter valores de  $C_{pm}$  muito próximos.



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Relação entre os Índices e a $PFE$

- A relação entre o valor do índice e a  $PFE$  depende da distribuição da característica de qualidade considerada;
- Diferentes valores de  $C_{pm}$  podem corresponder a uma mesma  $PFE$  (casos  $b$  e  $g$ );
- Comparando os casos (a) e (h) verifica-se que o  $C_{pm}$  penaliza a falta de centralidade do processo, embora  $PFE_a < PFE_b$ .



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Processos Capazes

Considere  $X \sim N(d, \sigma_0)$

- Considere  $C_p = C_{pk} = 1,33$ , então ;

$$C_{pk} = (LSE - d)/3\sigma \rightarrow 3C_{pk} = z$$

$$z = 3 \times 1,33 = 3,99$$

$$PFE = 2 \times P\{X > 3,99\} = 0,00006 = 60ppm$$

- Processos com  $C_{pk} \geq 1,33$  são altamente capazes;
- Considere uma causa especial que dobre a variabilidade do processo ( $\delta = 2$ ), então:

$$\begin{aligned} C_{pk} &= (LSE - (d + 2\sigma))/3\sigma \\ &= \frac{LSE - d}{3\sigma} - \frac{2}{3} \\ &= 0,667 \end{aligned}$$



**Tabela 4.6: Classificação do Processo com Respeito à sua Capacidade**

Classificação	Valor de Cpk	<b>Itens fora das especificações (ppm)</b>	
		Especif. bilateral e processo centrado (ICP apropriado: Cp=Cpk)	Processo não-centrado e/ou especific. unilateral (ICP apropriado: Cpk)
<b>Capaz</b>	<b>maior ou igual a 1,33</b>	<b>70</b>	<b>35</b>
Razoavelmente Capaz	$1 \leq Cpk \leq 1,33$	Entre 70 e 2700	Entre 35 e 1350
<b>Incapaz</b>	<b>menor que 1</b>	<b>mais de 2700</b>	<b>mais de 1350</b>

# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Classificação de Processos - Considerações

- Processo razoavelmente capaz e sujeito à ocorrência de causas especiais freqüentes deve ser rigidamente controlado;  
(causa especial leva a um aumento da  $PFE$ )
- Processo incapaz produz um valor razoável de  $PFE$ , mesmo com o processo controlado.  
(ocorrência de causa especial é dramática)



# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Classificação de Processos - Ilustração

- Processo Capaz:  
motorista solitário em estrada com várias vias, se cochilar o máximo seria mudar de via.
- Processo Razoavelmente Capaz:  
Idem, em uma estrada de única via, com acostamento, se cochilar sai para acostamento, se não acordar logo se acidenta;
- Processo Incapaz:  
Idem, em uma estrada de única via, sem acostamento, se cochilar sai e se acidenta;



# Capacidade do processo

## Comportamento de Processos - Instabilidade e Desajuste

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Outras técnicas

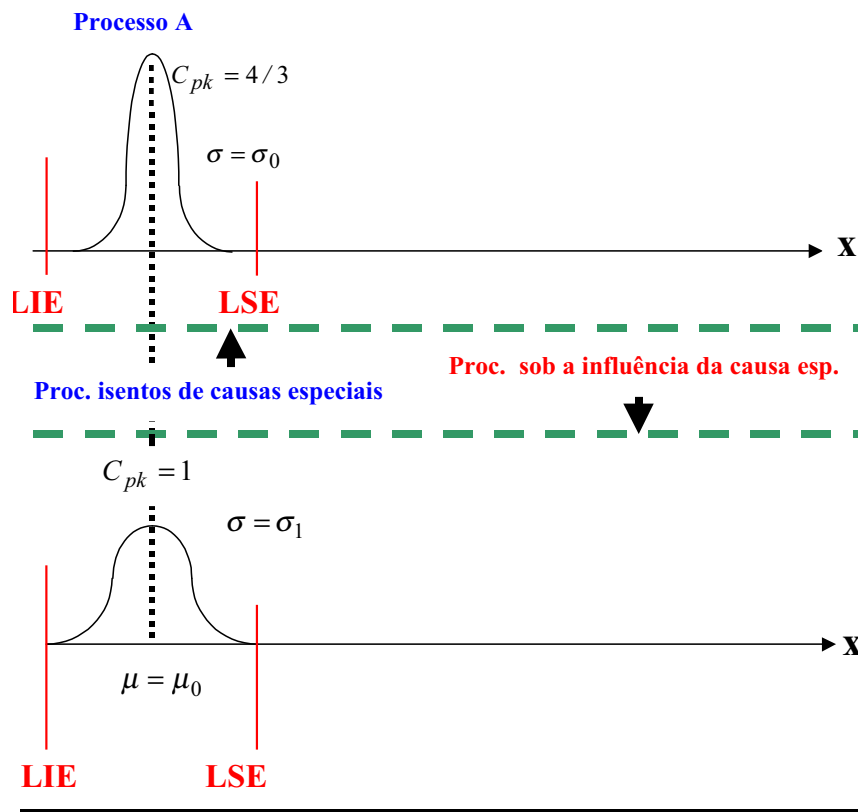
Referências Bibliográficas

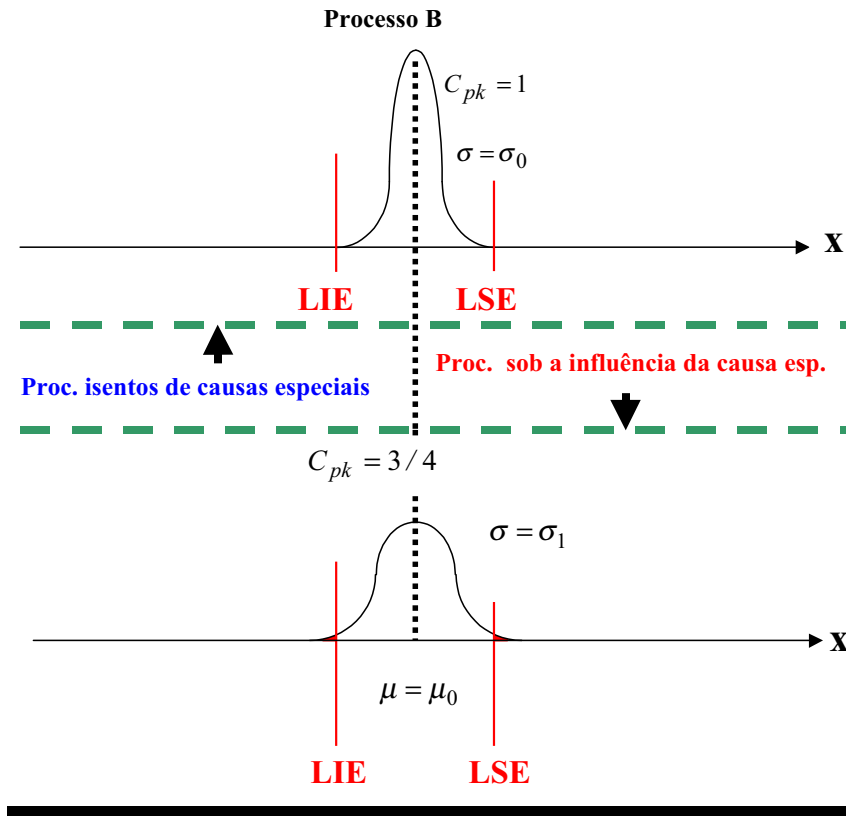
Processo	Isto de Causa Especial	$C_{pk}$
A	Capaz	$4/3$
B	Razoavelmente Capaz	1
C	Incapaz	$2/3$

**Situação 1** : Causa especial altera variabilidade para  $\sigma_1 = 1,33\sigma_0$ ;

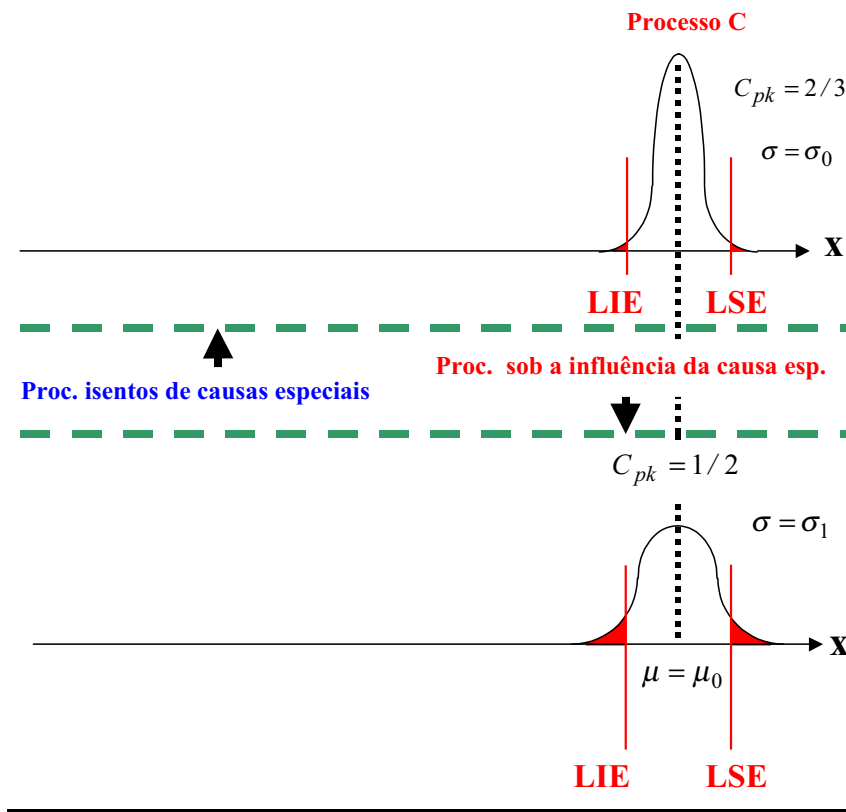
**Situação 2** : Causa especial altera média do processo para  $\mu_1 = \mu_0 + \sigma_0$ ;

**Situação 3** : Causa especial altera variabilidade para média para  $\mu_1 = \mu_0 + \sigma_0$  e variabilidade para  $\sigma_1 = 1,33\sigma_0$ ;



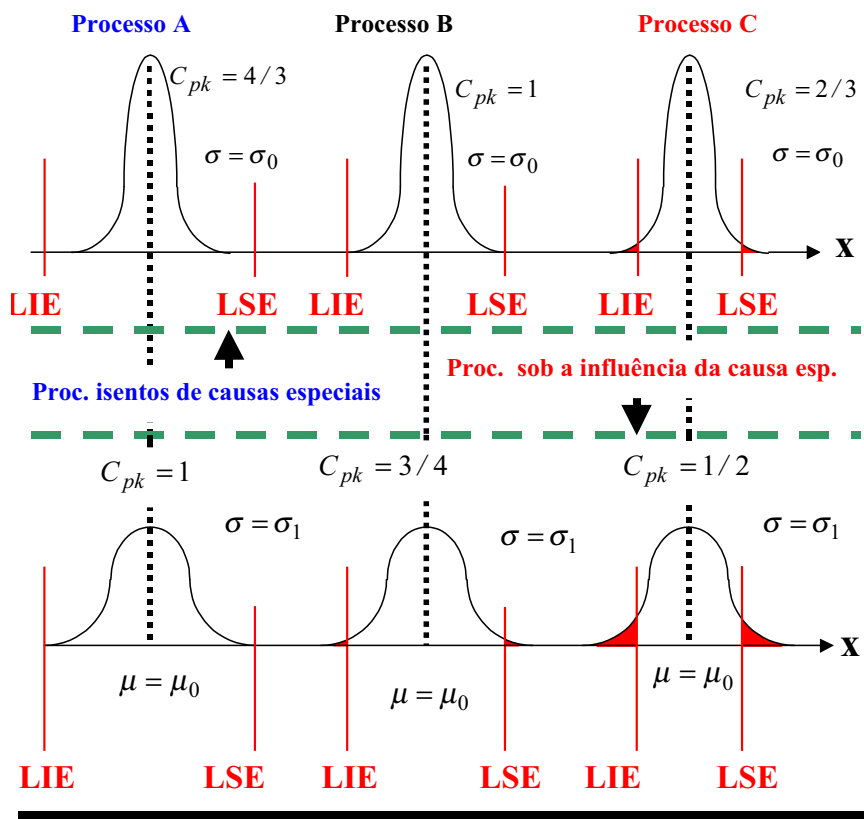


Capítulo 4



Capítulo 4





Capítulo 4

## Capacidade do processo

### Comportamento de Processos - Instabilidade

Situação: Causa especial altera variabilidade para  $\sigma_1 = 1,33\sigma_0$

Processo	Isento Causa Especial	Sob Causa Especial
A	Capaz	Permanece Capaz
B	Razoavelmente Capaz	Torna-se Incapaz
C	Incapaz	Continua Incapaz com aumento da <i>PFE</i>

Tabela: Capacidade vs *PFE* - Alteração de desvio-padrão

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

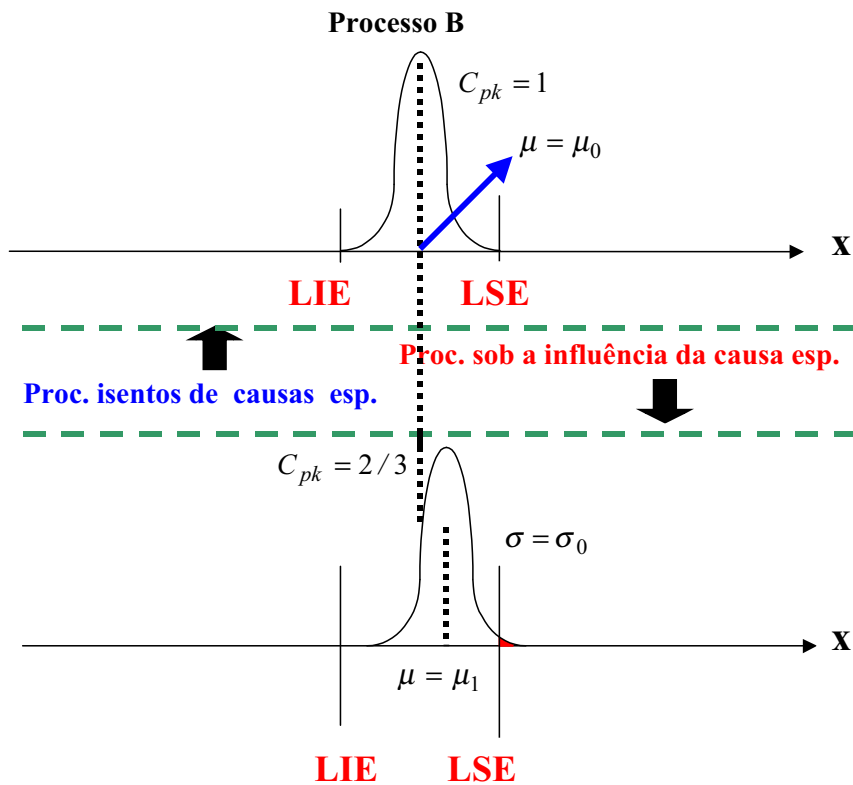
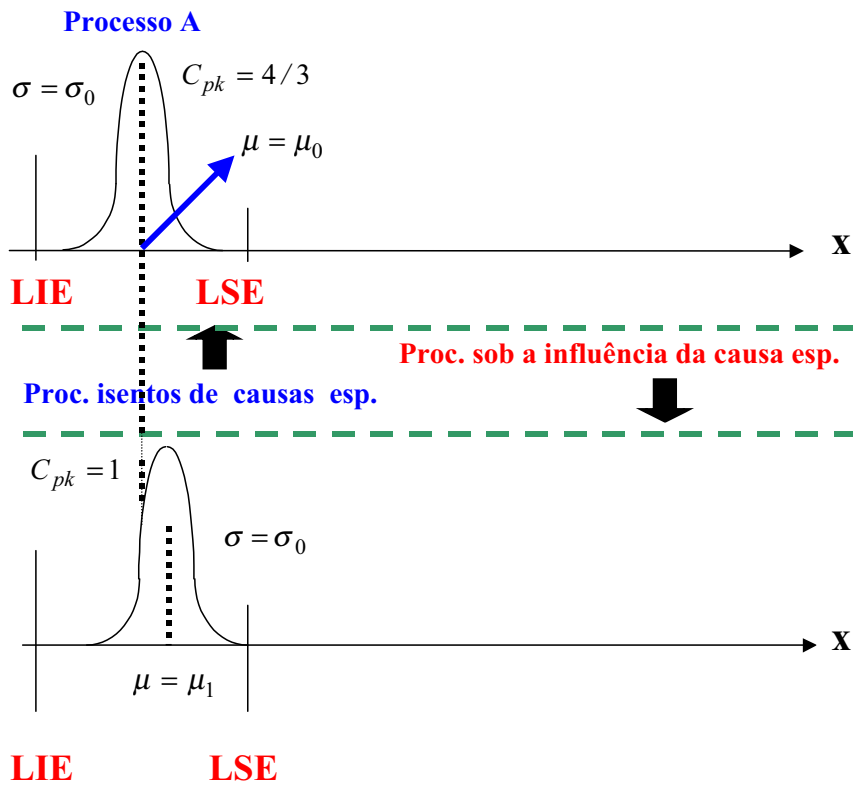
Gráfico por variáveis

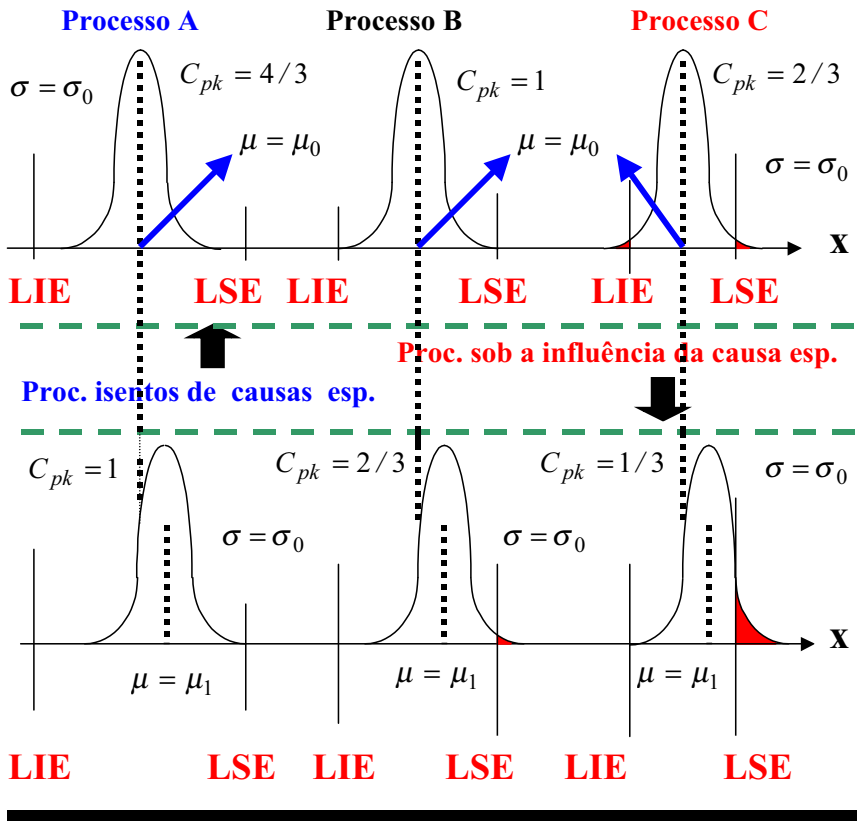
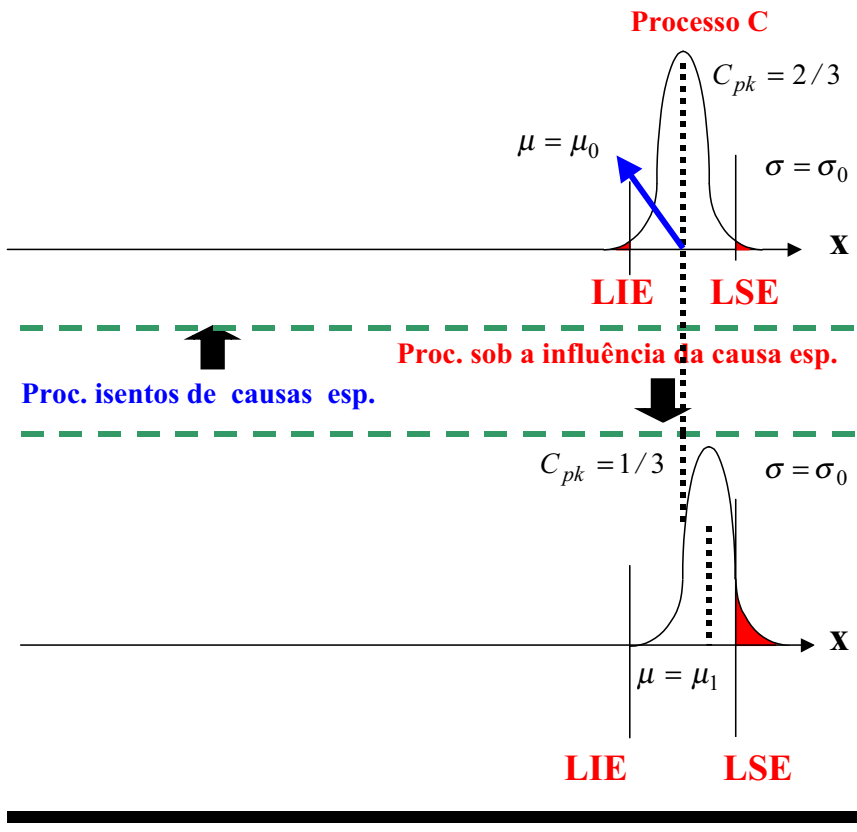
Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas





# Capacidade do processo

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

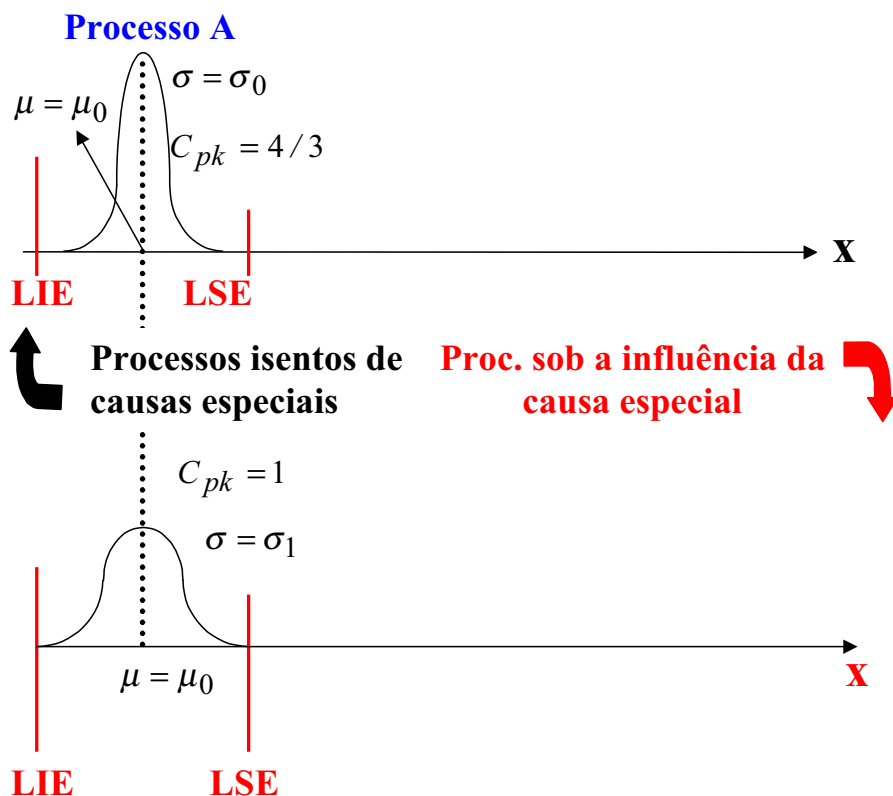
Referências Bibliográficas

## Comportamento de Processos - Desajuste

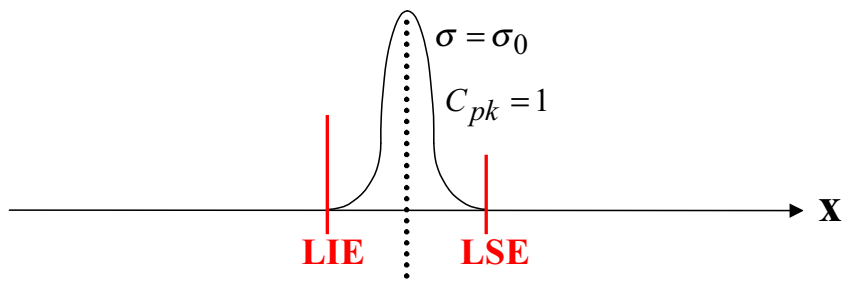
Situação: Causa especial desloca a média para  $\mu_1 = \mu_0 + \sigma_0$

Processo	Isento Causa Especial	Sob Causa Especial
A	Capaz	Permanece Capaz
B	Razoavelmente Capaz	Torna-se Incapaz
C	Incapaz	Continua Incapaz com aumento da <i>PFE</i>

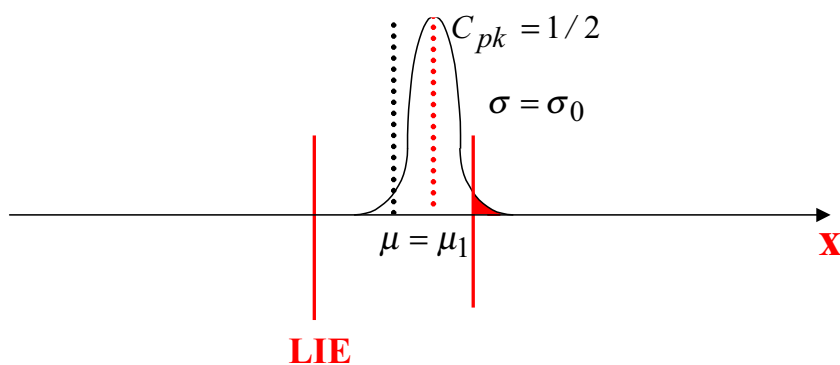
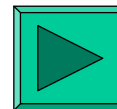
Tabela: Capacidade vs *PFE* - Alteração de média



### Processo B



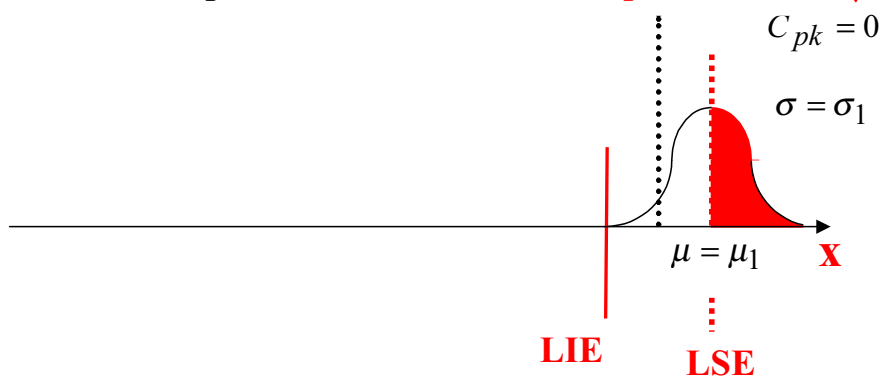
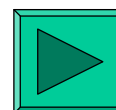
Processos isentos de causas especiais  $\mu = \mu_0$  Proc. sob a influência da causa especial

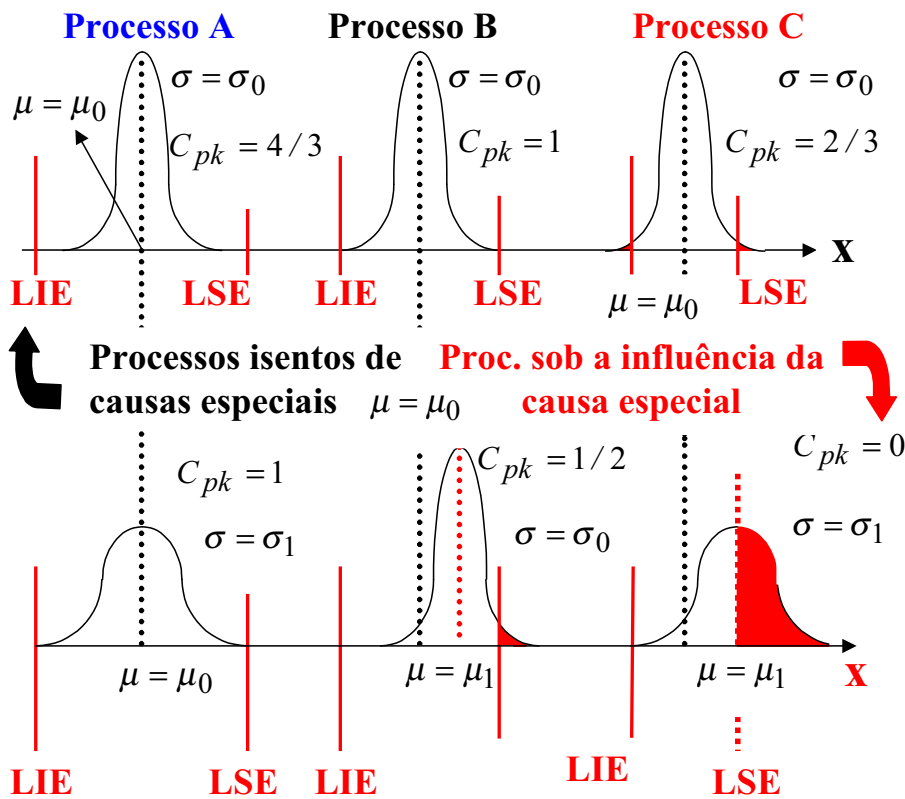


### Processo C



Processos isentos de causas especiais Proc. sob a influência da causa especial





Capítulo 4

## Capacidade do processo

### Comportamento de Processos - Desajuste e Instabilidade

A: Causa especial altera variabilidade para  $\sigma_1 = 1,33\sigma_0$

B: Causa especial desloca a média para  $\mu_1 = \mu_0 + \sigma_0$

C: Causa especial altera  $\mu_1 = \mu_0 + \sigma_0$  e  $\sigma_1 = 2\sigma_0$

Processo	Isento Causa Especial	Sob Causa Especial
A	Capaz	Permanece Capaz
B	Razoavelmente Capaz	Torna-se Incapaz
C	Incapaz	Continua Incapaz com aumento da <i>PFE</i>

Tabela: Capacidade vs *PFE* -Alteração de média e/ou desvio-padrão

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

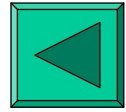
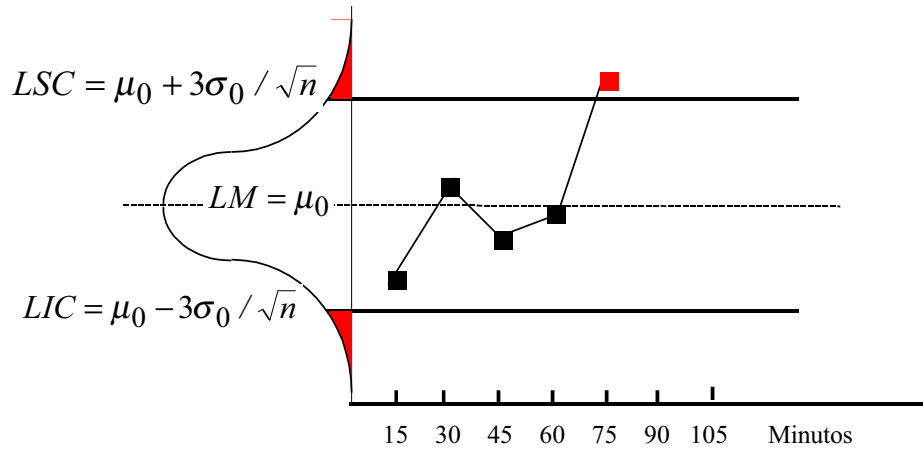
Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

**Processo A**

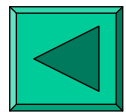
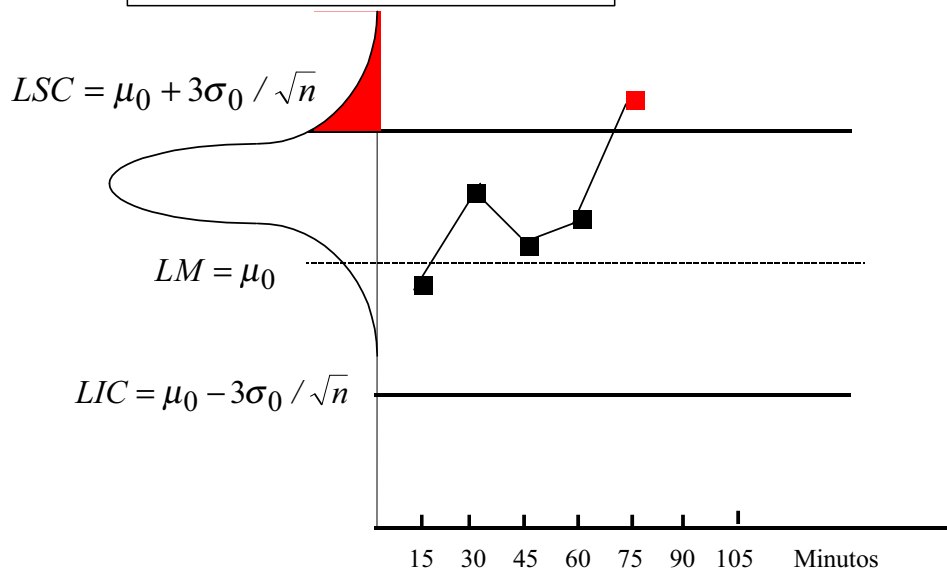
$$\bar{X} \sim N(\mu_{\bar{X}}; \sigma_{\bar{X}}) \sim N(\mu_0; \sigma_1 / \sqrt{n})$$



Capítulo 4

**Processo B**

$$\bar{X} \sim N(\mu_{\bar{X}}; \sigma_{\bar{X}}) \sim N(\mu_1; \sigma_0 / \sqrt{n})$$



Capítulo 4





# Referências bibliográficas

Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas



COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K. e CARPINETTI, L. C. R. *Controle estatístico de qualidade*. Atlas, 2004.



MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao controle estatístico de qualidade*. 4a. Edição LTC, 2004.



WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas estatísticas básicas*. Fundação Cristiano Ottoni, 1995.



WERKEMA, M. C. C. *Avaliação da qualidade de medidas*. Fundação Cristiano Ottoni, 1996.



Qualidade na empresa

Fundamentos de CEP

Gráfico por variáveis

Capacidade do processo

Gráficos por atributos

Inspeção de qualidade

Referências Bibliográficas

## Controle de Qualidade

Lupércio França Bessegato

Especialização em Estatística

