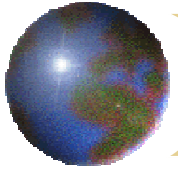


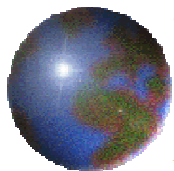
Controle estatístico, manutenção e confiabilidade de processos

Profa. Rejane Tubino

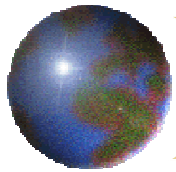


Exercício

- ✚ Considere os dados apresentados abaixo como os valores de resistência à flexão relativa de barras metálicas. A especificação é de 15 ± 8 .
- ✚
- ✚ a- Calcule os limites de controle, construa as cartas $\bar{x}$ e R e verifique se o processo está sob controle estatístico.
- ✚ b- Conclua sobre a capacidade do processo.
- ✚ c- Construa o histograma considerando os intervalos de classe (5-10, 11-15, 16-20, 21-25).
- ✚ d- Indique a % de peças fora da especificação.

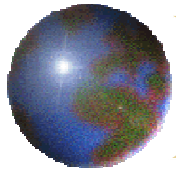


Lot e	x_1	x_2	x_3	x_4	x	R
1	13	18	20	21		
2	21	10	12	21		
3	15	16	21	09		
4	17	17	13	20		
5	19	20	15	20		
6	22	21	20	21		
7	22	19	16	19		
8	16	19	20	12		
9	18	14	14	21		
10	20	16	21	15		
11	17	21	18	18		
12	13	12	18	21		
13	20	18	16	14		
14	17	16	18	20		
15	13	14	21	15		
16	11	20	12	21		
17	19	16	14	19		
18	19	14	20	12		
19	17	12	18	13		
20	21	20	20	21		
					x	R



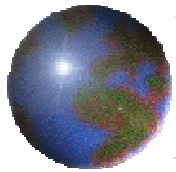
Solução

Amostra, i	X _{i1}	X _{i2}	X _{i3}	X _{i4}	X _i	R _i
1	13	18	20	21	18	8
2	21	10	12	21	16	11
3	15	16	21	9	15,25	12
4	17	17	13	20	16,75	7
5	19	20	15	20	18,5	5
6	22	21	20	21	21	2
7	22	19	16	19	19	6
8	16	19	20	12	16,75	8
9	18	14	14	21	16,75	7
10	20	16	21	15	18	6
11	17	21	18	18	18,5	4
12	13	12	18	21	16	9
13	20	18	16	14	17	6
14	17	16	18	20	17,75	4
15	13	14	21	15	15,75	8
16	11	20	12	21	16	10
17	19	16	14	19	17	5
18	19	14	20	12	16,25	8
19	17	12	18	13	15	6
20	21	20	20	21	20,5	1
					345,75	133
					17,2875	6,65



Fatores de correção para cartas $\bar{x}$ e R

n	c ₄	d ₂	d ₃	A ₂	A ₃	B ₃	B ₄	D ₃	D ₄
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



Solução: Item a

- ✚ Valores tabelados
- ✚ A_2 para $n=4= 0,729$
- ✚ $D_4= 2,282$
- ✚ $D_3=0$

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

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

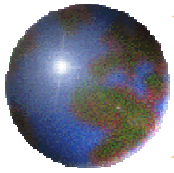
$$LSC_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

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

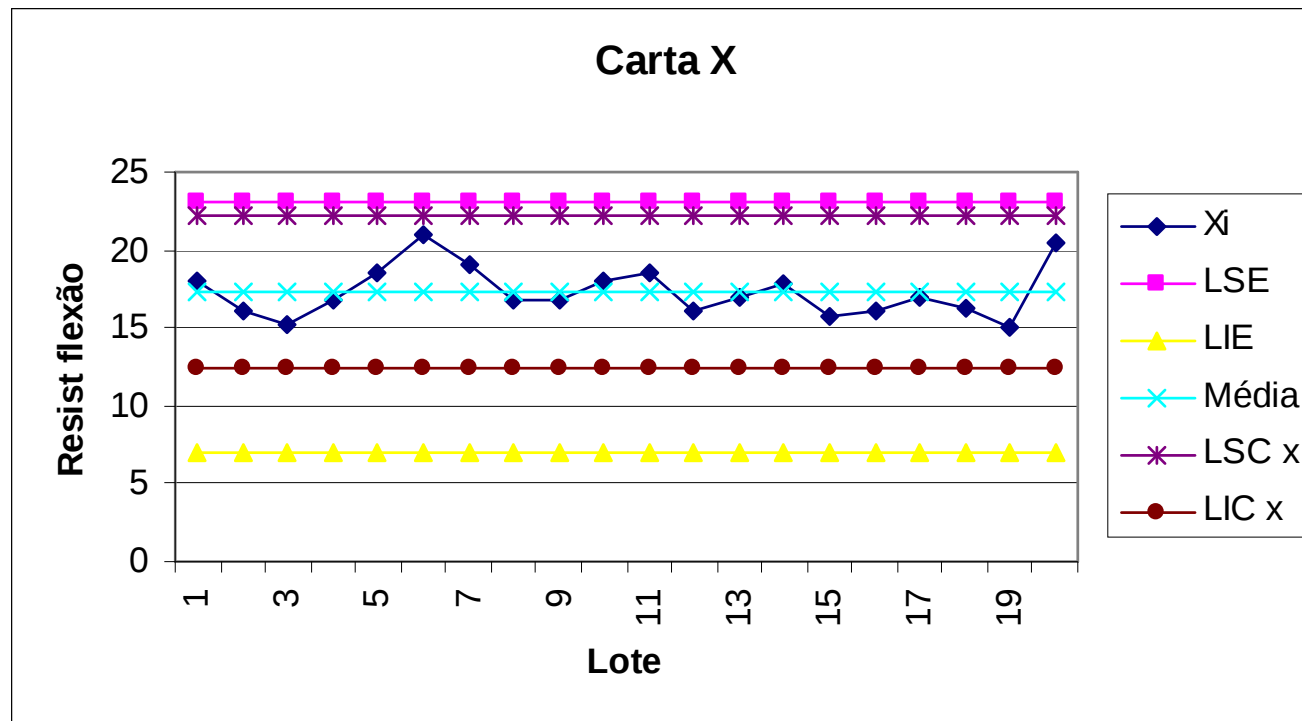


Solução: Item a

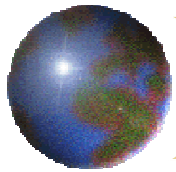
[illegible]



Solução: Item a

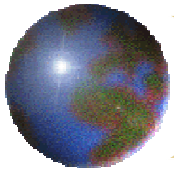


O processo está sob controle estatístico em relação às médias

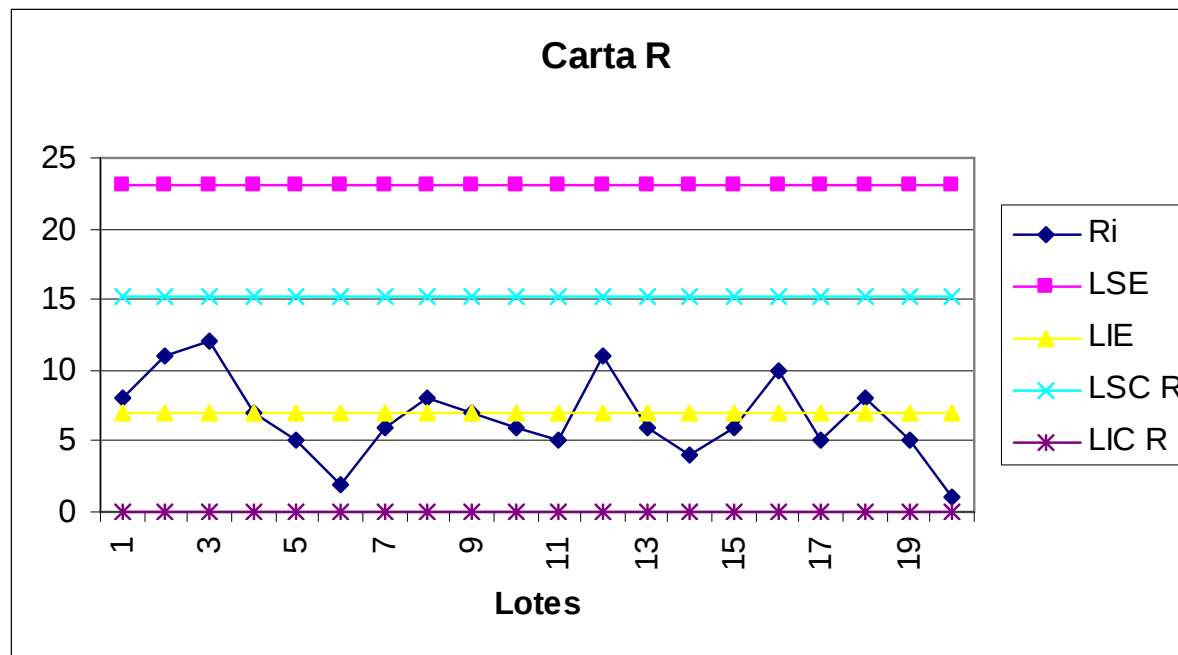


Solução

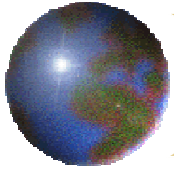
R_i	LSE	LIE	LSC R	LIC R
8	23	7	15,1753	0
11	23	7	15,1753	0
12	23	7	15,1753	0
7	23	7	15,1753	0
5	23	7	15,1753	0
2	23	7	15,1753	0
6	23	7	15,1753	0
8	23	7	15,1753	0
7	23	7	15,1753	0
6	23	7	15,1753	0
5	23	7	15,1753	0
11	23	7	15,1753	0
6	23	7	15,1753	0
4	23	7	15,1753	0
6	23	7	15,1753	0
10	23	7	15,1753	0
5	23	7	15,1753	0
8	23	7	15,1753	0
5	23	7	15,1753	0
1	23	7	15,1753	0



Solução: Item a



O processo está sob controle estatístico em relação às amplitudes



Solução: Item b

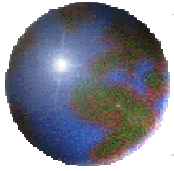
$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \delta}$$

$$\delta = \frac{\overline{R}}{D_2}$$

$$\text{Sigma} = 6,65 / 2,059 = 3,229$$

$$C_p = (23-7)/(6 * 3,229) = 16/19,374$$

$$C_p = 0,825$$



- Então, o Cpk é considerado como uma medida da “capabilidade do processo” e utiliza o menor dos índices Cpi e Cps.

$$C_{pi} = \frac{\bar{\bar{x}} - LIE}{3 \delta}$$

$$C_{pi} = (17,29-7)/(3*3,229) = 10,29/9,687 = 1,06$$

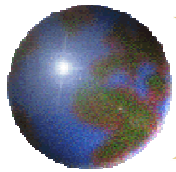
$$C_{ps} = (23-17,29)/9,687 = 5,71/9,687 = 0,59$$

$$C_{ps} = \frac{LSE - \bar{\bar{x}}}{3 \delta}$$

$$C_{pk} = 0,59$$

$$C_{pk} = \min \{C_{pi}, C_{ps}\}$$

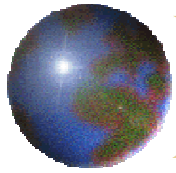
Ver tabela para concluir sobre a Capabilidade deste processo



Classificação do processo em função do Cpk

Cpk	% fora da especificação	Conceito
1,67	0,0000%	Totalmente Capaz - altamente confiável: os operadores exercem pleno controle sobre o processo.
1,33	0,0064%	Capaz
1,00	0,27%	Capaz - confiável: os operadores exercem um elevado grau de controle sobre o processo.
0,66	4,4%	Relativamente Incapaz - pouco confiável: requer controle contínuo das operações para evitar constantes descontroles falhas ou não-conformidades.
0,33	32%	Totalmente incapaz - o processo não tem condições de se manter dentro das especificações.

Fonte: José Luiz Ribeiro e Carla Ten Caten



Solução: Item d

Há 0% de peças fora da especificação.