

Cap. 7 – Controlo Estatístico do Processo para Atributos Exercícios + Resoluções

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos ^{HR}

- ◆ Exemplo 1
- ◆ Os administrativos da companhia de seguros ‘Segurança’ digitam milhares de números por dia. Amostras do trabalho de 24 administrativos (cada qual com 100 unidades) são mostradas na tabela seguinte, depois de analisadas.
- ◆ Estabeleça os limites de controlo para incluir 99,7% da variação aleatória da digitação, e analise os resultados.

Amostra	Nº erros	Amostra	Nº erros
1	11	13	7
2	10	14	13
3	14	15	14
4	6	16	17
5	11	17	11
6	8	18	8
7	10	19	9
8	5	20	17
9	11	21	15
10	8	22	20
11	14	23	13
12	18	24	20

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos HR

◆ Exemplo 1 (resposta)

$$UCL_{np} = n \bar{p} + 3 \sqrt{n \bar{p} (1 - \bar{p})}$$

$$LCL_{np} = n \bar{p} - 3 \sqrt{n \bar{p} (1 - \bar{p})}$$

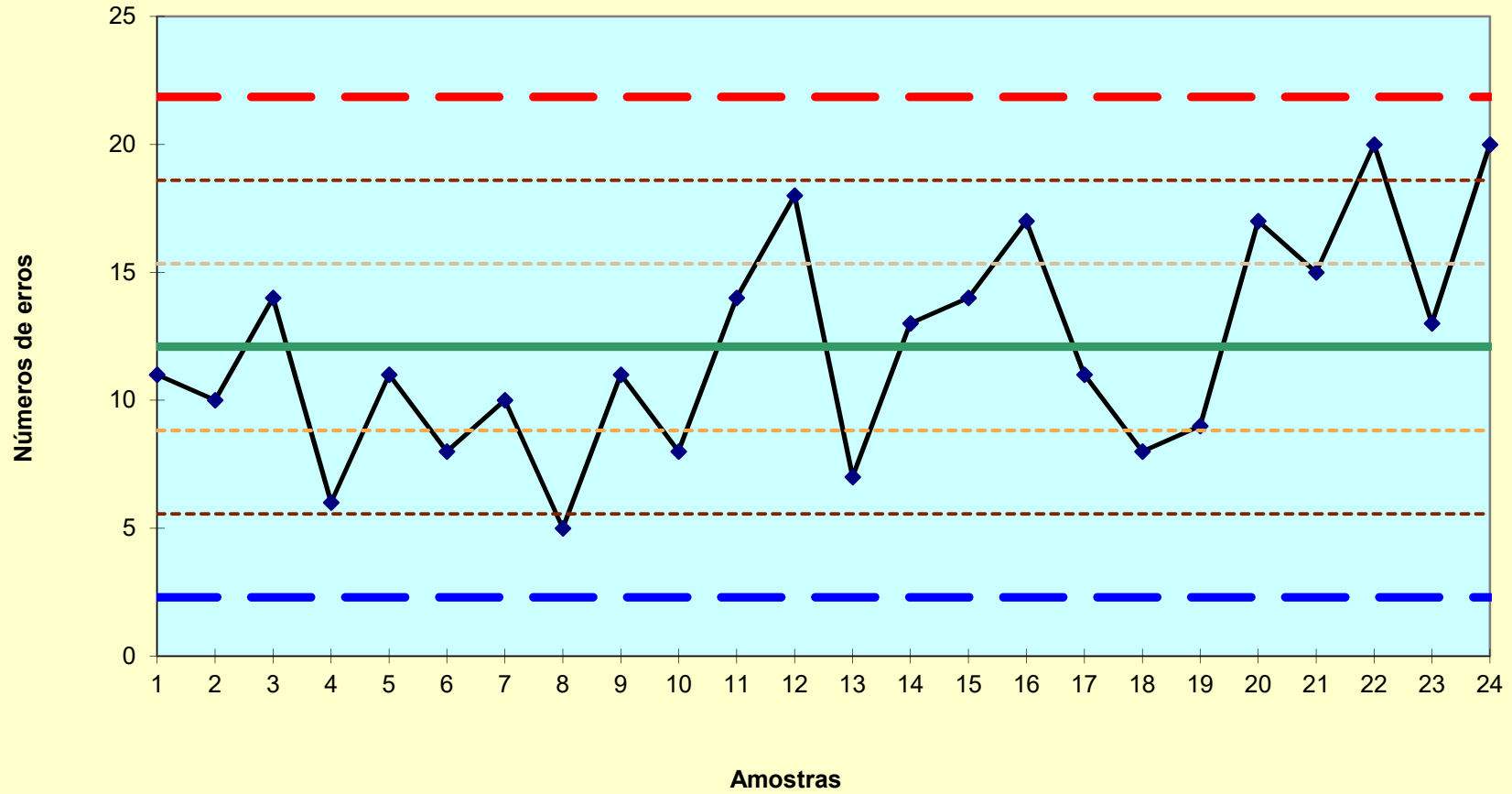
$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- n = tamanho da amostra e \bar{p} = proporção média dos erros

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos HR

- ◆ Exemplo 1 (resposta)
- ◆ $\bar{p} = N^{\circ} \text{ total erros} / N^{\circ} \text{ total elementos}$
examinados = $290 / (100 * 24) = 0,121$
- ◆ $UCL_{np} = 100 * 0,121 + 3 * \sqrt{100 * 0,121 * (1 - 0,121)} = 21,861$
- ◆ $LCL_{np} = 100 * 0,121 - 3 * \sqrt{100 * 0,121 * (1 - 0,121)} = 2,305$

Gráfico NP



np CL UCL LCL 1SD 2SD -1SD -2SD

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos HR

- ◆ Exemplo 1 (resposta)
- ◆ Depois de analisado o gráfico, conclui-se que o processo está fora de controlo, pois existe um **Padrão de Picos (amostras 22 e 24)** e também uma **Alteração/Deslocação de Nível (amostras 4 a 10)**.

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos ^{GS}

- ◆ Exemplo 2
- ◆ Os trabalhadores da empresa 'XPTO' têm que testar cada fechadura que fabricam. Amostras de 25 equipas de trabalho são mostradas na tabela seguinte.
- ◆ Estabeleça os limites de controlo e analise os resultados.

Amostra	Nº erros	Tam anho	Amostra	Nº erros	Tama nho
1	7	234	14	0	49
2	2	190	15	6	272
3	0	173	16	6	149
4	5	587	17	3	744
5	0	51	18	1	540
6	0	148	19	0	387
7	0	212	20	1	54
8	0	229	21	5	325
9	0	96	22	1	61
10	3	74	23	5	45
11	1	110	24	3	365
12	1	112	25	2	206
13	7	179			

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos ^{GS}

- ◆ Exemplo 2 (resposta)
- ◆ Primeiro temos que determinar a proporção de erros em cada amostra:
- ◆ $\% = \text{N}^\circ \text{ erros} / \text{Tamanho amostra}$
- ◆ Depois calculamos $\bar{p} = 59/5592 = 0,011$

Amostra	Nº erros	Tamanho	%	Amostra	Nº erros	Tamanho	%
1	7	234	.030	14	0	49	0
2	2	190	.011	15	6	272	.022
3	0	173	0	16	6	149	.040
4	5	587	.009	17	3	744	.004
5	0	51	0	18	1	540	.002
6	0	148	0	19	0	387	0
7	0	212	0	20	1	54	.019
8	0	229	0	21	5	325	.015
9	0	96	0	22	1	61	.016
10	3	74	.041	23	5	45	.111
11	1	110	.009	24	3	365	.008
12	1	112	.009	25	2	206	.010
13	7	179	.039				

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos GS

- ◆ Exemplo 2 (resposta)
- ◆ Como o tamanho da amostra não é igual podemos resolver o problema de duas maneiras:
- ◆ 1ª) Calcular os limites de controlo usando a média das amostras (mais fácil de perceber)
- ◆ 2ª) Calcular os limites de controlo usando os diferentes tamanhos das amostras (estatisticamente correto)
- ◆ 1ª forma:

$$UCL_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{0,011 * (1 - 0,011)}{(5592/25)}}$$

$$LCL_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{0,011 * (0,989)}{223,68}}$$

- ◆ $UCL_p = 0,011 + 3 * 0,006974 = 0,032$; $LCL_p = 0,011 - 0,021 = 0$

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos GS

- ◆ Exemplo 2 (resposta)
- ◆ 2ª forma (forma correta): Usar os diferentes tamanhos das amostras, com n_k = tamanho da amostra k

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{0,011*(1-0,011)}{n_k}}$$

$$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{0,011*(0,989)}{n_k}}$$

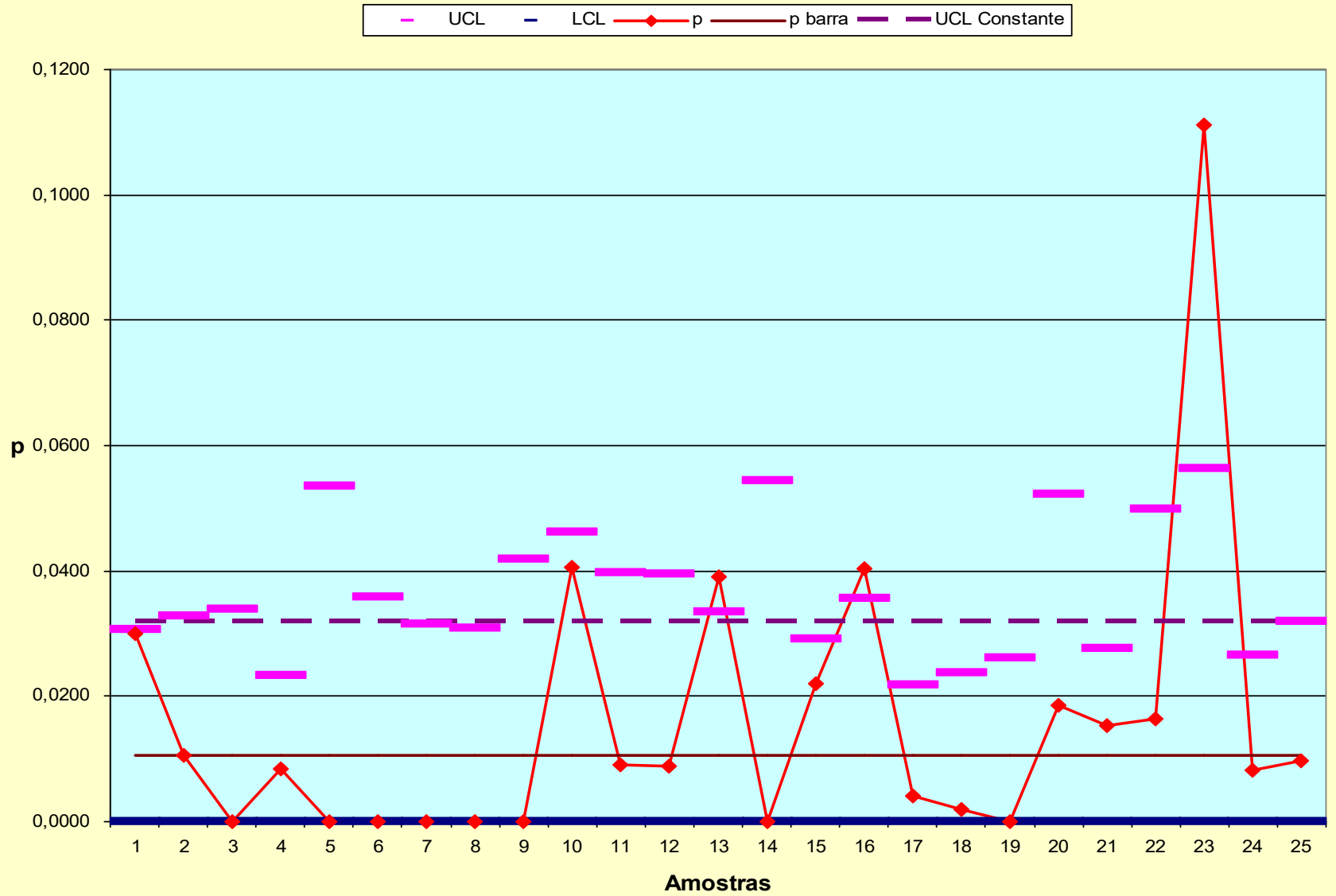
- ◆ Os cálculos são os seguintes:

Amostra	nk	np	p barra	p	$p \text{ barra} \cdot \sqrt{(1-p \text{ barra})/nk}$	UCL	LCL	LCL
1	234	7	0,011	0,0299	0,0067	0,0306	-0,0095	0
2	190	2	0,011	0,0105	0,0074	0,0328	-0,0117	0
3	173	0	0,011	0,0000	0,0078	0,0339	-0,0128	0
4	587	5	0,011	0,0085	0,0042	0,0232	-0,0021	0
5	51	0	0,011	0,0000	0,0143	0,0535	-0,0324	0
6	148	0	0,011	0,0000	0,0084	0,0357	-0,0146	0
7	212	0	0,011	0,0000	0,0070	0,0316	-0,0105	0
8	229	0	0,011	0,0000	0,0068	0,0308	-0,0097	0
9	96	0	0,011	0,0000	0,0104	0,0418	-0,0207	0
10	74	3	0,011	0,0405	0,0119	0,0462	-0,0251	0
11	110	1	0,011	0,0091	0,0097	0,0398	-0,0187	0
12	112	1	0,011	0,0089	0,0097	0,0395	-0,0184	0
13	179	7	0,011	0,0391	0,0076	0,0335	-0,0124	0
14	49	0	0,011	0,0000	0,0146	0,0543	-0,0332	0
15	272	6	0,011	0,0221	0,0062	0,0291	-0,0080	0

√

Amostra	nk	np	p barra	p	p barra*(1-p barra)/nk	UCL	LCL	LCL
16	149	6	0,011	0,0403	0,0084	0,0357	-0,0146	0
17	744	3	0,011	0,0040	0,0037	0,0218	-0,0007	0
18	540	1	0,011	0,0019	0,0044	0,0237	-0,0026	0
19	387	0	0,011	0,0000	0,0052	0,0261	-0,0050	0
20	54	1	0,011	0,0185	0,0139	0,0523	-0,0312	0
21	325	5	0,011	0,0154	0,0057	0,0276	-0,0065	0
22	61	1	0,011	0,0164	0,0131	0,0498	-0,0287	0
23	45	5	0,011	0,1111	0,0152	0,0562	-0,0351	0
24	365	3	0,011	0,0082	0,0053	0,0266	-0,0055	0
25	206	2	0,011	0,0097	0,0071	0,0319	-0,0108	0
	5592	59	(59/5592)	np/nk				

Gráfico de Controlo



Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos ^{GS}

- ◆ Exemplo 2 (resposta)
- ◆ 1ª forma (com a amostra média): Quatro pontos estão fora de controlo estatístico (os relativos às equipas de trabalho 10, 13, 16 e 23). Todos os outros estão dentro de controlo.
- ◆ 2ª forma (forma correta): Três pontos estão fora de controlo estatístico (os relativos às equipas de trabalho 13, 16 e 23). Todos os outros estão dentro dos parâmetros de controlo estatístico.
- ◆ Resolvendo o problema da forma correta, a informação disponível é mais fidedigna (*a equipa 10 está realmente em controlo estatístico*) e permite à empresa 'XPTO' uma melhor gestão das suas equipas de trabalho.

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos HR

◆ Exemplo 3

- ◆ A companhia de táxis 'T.A.X.I.' recebe várias queixas diárias acerca do mau comportamento dos seus condutores. Durante um período de nove dias, os responsáveis receberam o seguinte número diário de queixas de passageiros irados: 3, 0, 8, 9, 6, 7, 4, 9 e 8. Determine os limites de controlo para este caso.

Exemplos – Cont. Est. Proc. – Atributos HR

- ◆ Exemplo 3 (resposta)
- ◆ $\bar{c} = 54/9 = 6$ queixas por dia, logo
- ◆ $UCL_{\bar{c}} = 6 + 3*\sqrt{6} = 13,348$
- ◆ $LCL_{\bar{c}} = 6 - 3*\sqrt{6} = 0$, visto que o valor não pode ser negativo

$$UCL_{\bar{c}} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCL_{\bar{c}} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k}$$

Exemplos – Fiabilidade

◆ Exemplo 4

- ◆ O banco ABC tem três funcionários a processar empréstimos, cuja a fiabilidade é respetivamente 0.90, 0.80 e 0.99. Qual é a fiabilidade total do processo de empréstimos?
- ◆ Preocupado com a fiabilidade do seu processo de empréstimos, o banco ABC decide proporcionar redundância aos dois funcionários menos fiáveis. Considerando que a fiabilidade dos novos funcionários é igual à dos antigos, calcule a nova fiabilidade total do processo de empréstimos?

Exemplos – Fiabilidade

- ◆ Exemplo 4 (resposta)
- ◆ $R_s = R_1 * R_2 * R_3 = (.90) * (.80) * (.99) = 0.713 \rightarrow 71,3\%$
- ◆ $[.90 + .90 * (1 - .90)] * [.80 + .80 * (1 - .80)] * .99 = .941 \rightarrow 94,1\%$
- ◆ Ao proporcionar redundância aos dois funcionários menos fiáveis o banco ABC aumentou a fiabilidade total do seu processo de empréstimos de 71,3% para 94,1%.

Exemplos – Fiabilidade

◆ Exemplo 5

- ◆ **25 máquinas de exercício foram testadas durante 100 horas cada, e 3 delas tiveram avarias. Calcule os indicadores de fiabilidade para as máquinas.**

Exemplos – Fiabilidade

- ◆ **Exemplo 5 - Resolução**
- ◆ **25 máquinas de exercício foram testadas durante 100 horas cada, e 3 delas tiveram avarias. Calcule os indicadores de fiabilidade para as máquinas.**
- ◆ **$FR(n) = 3/(25*100) = 0.0012$ falhas por hora de operação.**
- ◆ **$MTBF = 1/FR(n) = 1/0.0012 = 833,33(3)$ horas entre falhas.**

Exemplos – Fiabilidade

◆ Exemplo 6

- ◆ O ISEG tinha de decidir entre 3 fornecedores para um novo servidor para a rede informática da escola. Só a ‘Disponibilidade do Sistema’ poderia servir para decidir, pois todos os outros fatores eram iguais. Com base no quadro seguinte que decisão tomaria?
- ◆ Fornecedor X: MTBF (h) - 67; MTTR (h) - 4
- ◆ Fornecedor Y: MTBF (h) - 45; MTTR (h) - 2
- ◆ Fornecedor Z: MTBF (h) - 36; MTTR (h) - 1

Exemplos – Fiabilidade

◆ Exemplo 6 - Resolução

◆ $SA(X) = 67/(67+4) = 0.944$

◆ $SA(Y) = 45/(45+2) = 0.957$

◆ $SA(Z) = 36/(36+1) = 0.973$, a escolha recai no fornecedor Z.