



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Departamento de Engenharia de Alimentos

ZEA 1001 – Gestão da Qualidade na Indústria de Alimentos
Docente: Marta Mitsui Kushida

Controle Estatístico do Processo – CEP

1) Tipos de cartas de controle:





UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Departamento de Engenharia de Alimentos

ZEA 1001 – Gestão da Qualidade na Indústria de Alimentos
Docente: Marta Mitsui Kushida

2) Tabela de Constantes para Cartas de Controle

Tamanho do subgrupo	Cartas \bar{X} e R				Cartas \bar{X} e S			
	Carta para Médias	Carta para Amplitudes (R)			Carta para Médias	Carta para Médias (R)		
	Fator dos Limites de Controle	Divisores para Estimativa σ_x	Fatores dos Limites de Controle		Fator dos Limites de Controle	Divisores para Estimativa σ_x	Fatores dos Limites de Controle	
	A2	d2	D3	D4	A3	c4	B3	B4
2	1,880	1,128	—	3,267	2,659	0,798	—	3,267
3	1,023	1,693	—	2,574	1,954	0,886	—	2,568
4	0,729	2,059	—	2,282	1,628	0,921	—	2,266
5	0,577	2,326	—	2,114	1,427	0,940	—	2,089
6	0,483	2,534	—	2,004	1,287	0,952	0,030	1,970
7	0,419	2,704	0,076	1,924	1,182	0,959	0,118	1,882
8	0,373	2,847	0,136	1,864	1,099	0,965	0,185	1,815
9	0,337	2,970	0,184	1,816	1,032	0,969	0,239	1,761
10	0,308	3,078	0,223	1,777	0,975	0,973	0,284	1,716
11	0,285	3,173	0,256	1,744	0,927	0,975	0,321	1,679
12	0,266	3,258	0,283	1,717	0,886	0,978	0,354	1,646
13	0,249	3,336	0,307	1,693	0,850	0,979	0,382	1,618
14	0,235	3,407	0,328	1,672	0,817	0,981	0,406	1,594
15	0,223	3,472	0,347	1,653	0,789	0,982	0,428	1,572
16	0,212	3,532	0,363	1,637	0,763	0,984	0,448	1,552
17	0,203	3,588	0,378	1,622	0,739	0,985	0,466	1,534
18	0,194	3,640	0,391	1,608	0,718	0,985	0,482	1,518
19	0,187	3,689	0,403	1,597	0,698	0,986	0,497	1,503
20	0,180	3,735	0,415	1,585	0,680	0,987	0,510	1,490
21	0,173	3,778	0,425	1,575	0,663	0,988	0,523	1,477
22	0,167	3,819	0,434	1,566	0,647	0,988	0,534	1,466
23	0,162	3,858	0,443	1,557	0,633	0,989	0,545	1,455
24	0,157	3,895	0,451	1,548	0,619	0,989	0,555	1,445
25	0,153	3,931	0,459	1,541	0,606	0,990	0,565	1,435

Fonte: "Manual on the Presentation of Data and Control Chart Analysis, 1976 - Copyright ASTM"



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
 Departamento de Engenharia de Alimentos

ZEA 1001 – Gestão da Qualidade na Indústria de Alimentos
 Docente: Marta Mitsui Kushida

2) Tabela de Constantes para Cartas de Controle (continuação)

Tamanho do subgrupo	Cartas das Medianas				Cartas de Valores Individuais			
	Carta das Medianas	Carta das Amplitudes (R)			Carta de Val. Ind.	Carta das Amplitudes (R)		
	Fator dos Limites de Controle	Divisores para Estimativa σ_x	Fatores dos Limites de Controle		Fator dos Limites de Controle	Divisores para Estimativa σ_x	Fatores dos Limites de Controle	
	\bar{A}_2	d2	D3	D4	E3	d2	D3	D4
2	1,880	1,128	_	3,267	2,660	1,128	_	3,267
3	1,187	1,693	_	2,574	1,772	1,693	_	2,574
4	0,796	2,059	_	2,282	1,457	2,059	_	2,282
5	0,691	2,326	_	2,114	1,290	2,326	_	2,114
6	0,548	2,534	_	2,004	1,184	2,534	_	2,004
7	0,508	2,704	0,076	1,924	1,109	2,704	0,076	1,924
8	0,433	2,847	0,136	1,864	1,054	2,847	0,136	1,864
9	0,412	2,970	0,184	1,816	1,010	2,970	0,184	1,816
10	0,362	3,078	0,223	1,777	0,975	3,078	0,223	1,777

Fonte: "Manual on the Presentation of Data and Control Chart Analysis, 1976 - Copyright ASTM"



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Departamento de Engenharia de Alimentos

ZEA 1001 – Gestão da Qualidade na Indústria de Alimentos
Docente: Marta Mitsui Kushida

3) Fórmulas para Cartas de Controle

Fórmulas para cartas de variáveis

1. Cartas da média e da amplitude

$$\begin{aligned} LSC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} & LIC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} & \hat{\sigma} &= \frac{\bar{R}}{d_2} \\ LSC_R &= D_4 \cdot \bar{R} & LIC_R &= D_3 \cdot \bar{R} \end{aligned}$$

2. Cartas da média e do desvio padrão

$$\begin{aligned} LSC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{S} & LIC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{S} & \hat{\sigma} &= \frac{\bar{S}}{C_4} \\ LSC_S &= B_4 \cdot \bar{S} & LIC_S &= B_3 \cdot \bar{S} \end{aligned}$$

3. Cartas da mediana e da amplitude

$$\begin{aligned} LSC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} + \tilde{A}_2 \cdot \bar{R} & LIC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - \tilde{A}_2 \cdot \bar{R} & \hat{\sigma} &= \frac{\bar{R}}{d_2} \\ LSC_R &= D_4 \cdot \bar{R} & LIC_R &= D_3 \cdot \bar{R} \end{aligned}$$

4. Carta de individuais e amplitude móvel

$$\begin{aligned} LSC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} + E_2 \cdot \bar{R} & LIC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - E_2 \cdot \bar{R} & \hat{\sigma} &= \frac{\bar{R}}{d_2} \\ LSC_R &= D_4 \cdot \bar{R} & LIC_R &= D_3 \cdot \bar{R} \end{aligned}$$

Fórmulas para cartas de atributos

1. Carta p - Proporção de peças não-conformes

$$LSC_p = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{\bar{n}}} \quad LIC_p = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

2. Carta np - Número de itens não-conformes

$$LSC_{np} = \bar{d} + 3 \cdot \sqrt{\bar{d} \cdot \left(1 - \frac{\bar{d}}{n}\right)} \quad LIC_{np} = \bar{d} - 3 \cdot \sqrt{\bar{d} \cdot \left(1 - \frac{\bar{d}}{n}\right)}$$

3. Carta c - Número de não-conformidades na amostra

$$LSC_c = \bar{c} + 3 \cdot \sqrt{\bar{c}} \quad LIC_c = \bar{c} - 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$$

4. Carta u – N° de não-conformidades na unidade de inspeção

$$LSC_u = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}} \quad LIC_u = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$$