



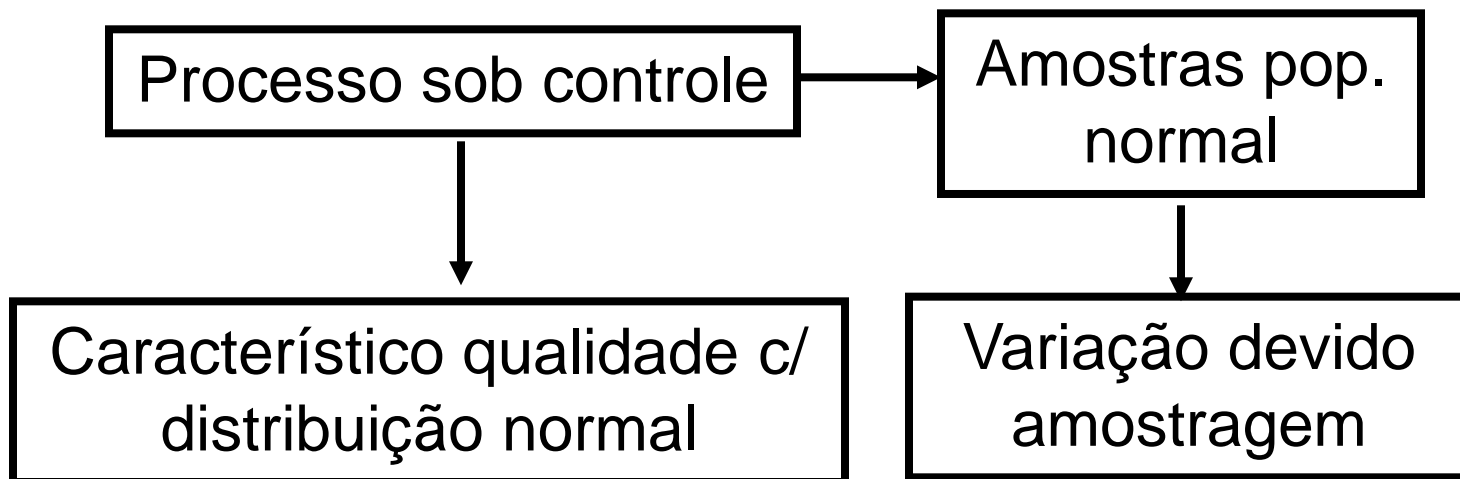
**Universidade Federal do Rio Grande  
Escola de Química e Alimentos  
Engenharia de Alimentos  
Análise Sensorial e Controle de Qualidade**

**PROGRAMAS DO CONTROLE  
DE QUALIDADE**

**Prof. Dra. Janaína Fernandes Medeiros Burkert**

## Controle do Processo

- Carta Controle → sistema gráfico;
- Controle fabricação → exercido → processo produtivo;
- Objetivo → manter qualidade → s/ itens fora especificação;
- Verificação controle → extração amostras;



-Gráficos de controle: Verificar quais valores da amostragem estão fora do padrão considerado.

*Gráfico de controle de variáveis – Quantidades (APPCC)*

- Gráfico de Médias
- Gráfico de Desvio padrão
- Gráfico da Amplitude

*Gráficos de Controle de Atributos: Qualidade (5S)*

- Gráfico de fração defeituosa (p)
- Gráfico do número de itens defeituosos na amostra “n” (c)
- Gráfico do número de defeitos por unidade (U)
- Gráfico do número de defeitos em uma amostra (np)

- Distribuição normal → estatística indispensável controle

Itens Distribuição Normal

68% Intervalo  $\mu \pm \sigma$   
95% Intervalo  $\mu \pm 2\sigma$   
99,7% Intervalo  $\mu \pm 3\sigma$

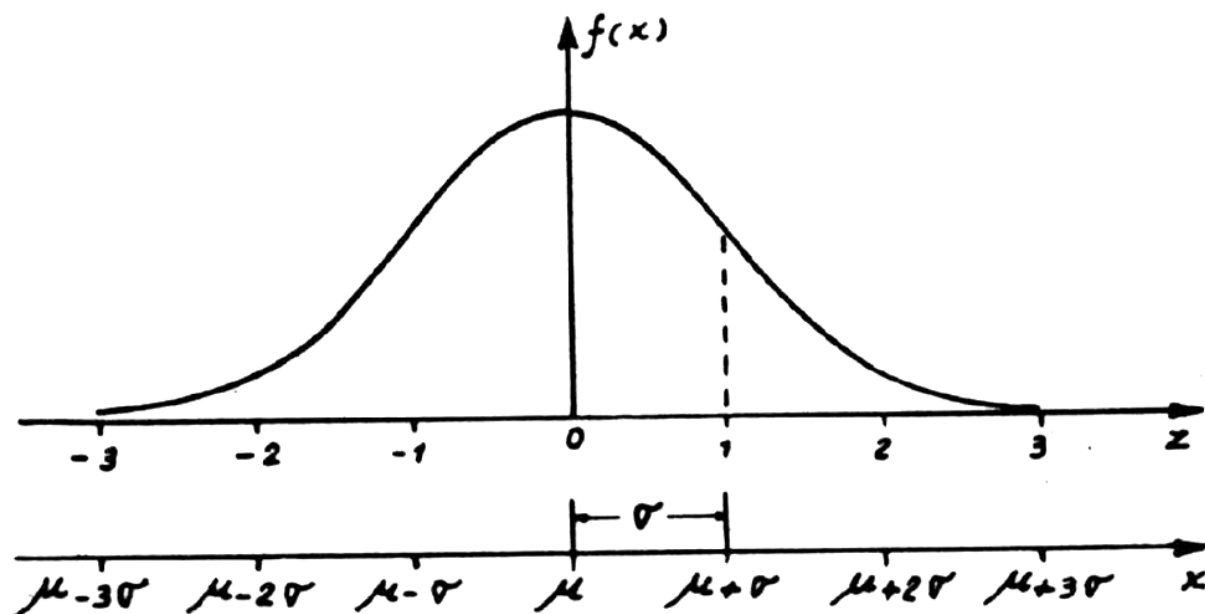


Figura 1 – Distribuição normal

## Gráficos de Controle

- Distribuição normal;
- Instrumento diagnóstico;
- Abscissas → n<sup>o</sup> ordem cronológica amostra ou sequência extrações → associada tempo;
- Ordenadas → característico qualidade → variável ou atributo;
- Escala vertical → LM, LSC, LIC.

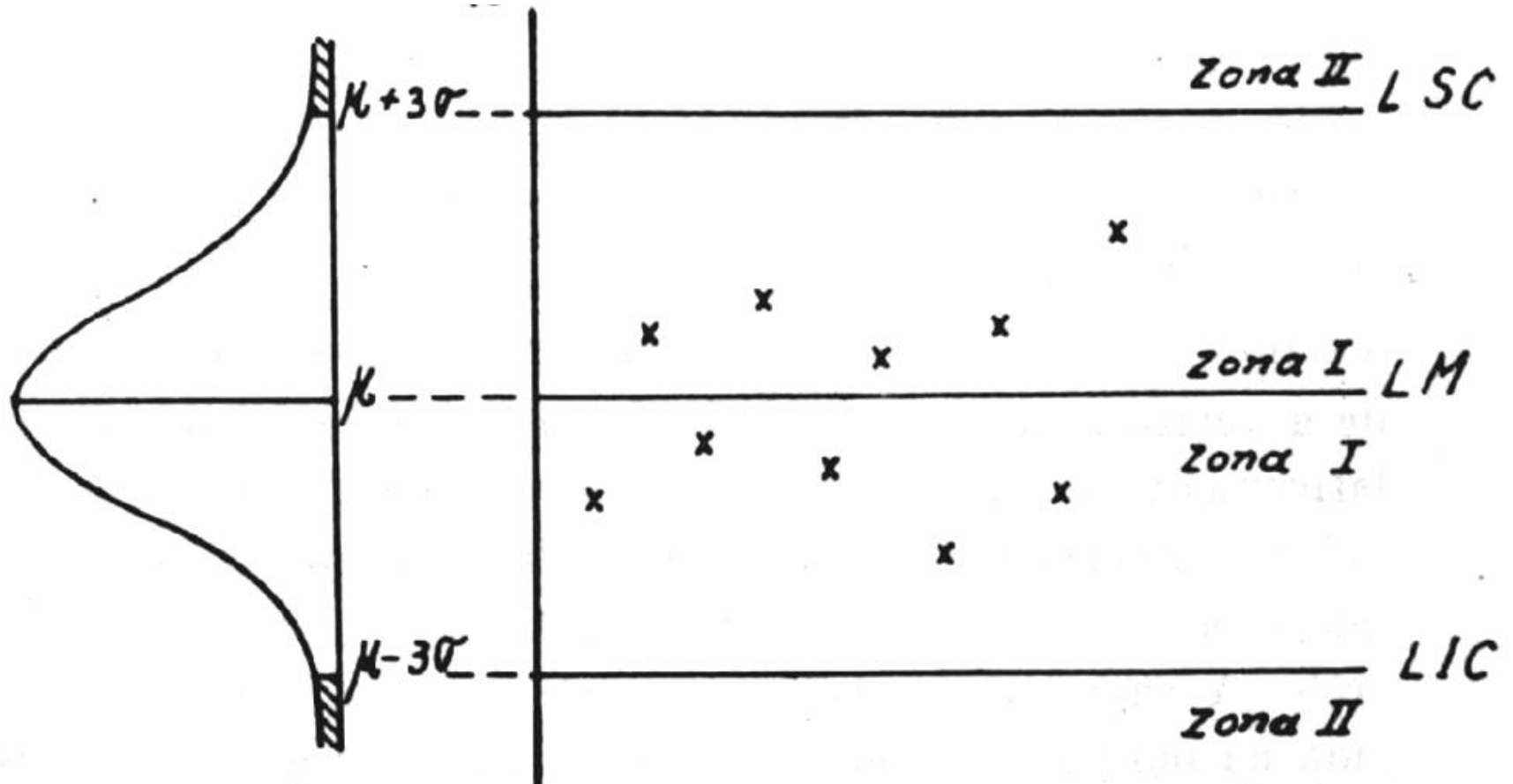


Figura 2 – Esquema geral dos gráficos de controle (sistema americano)

## Tipos de Gráficos de Controle

- Controle de Variáveis → Característica → medida
  - [ ];
  - Índice peróxido;
  - Peso.
- Controle de Atributo → presença/ausência defeitos
  - N° ã conformidades;
  - Cor do óleo;
  - Visceras;
  - Pele.

-Controle de Variáveis:

- Média;
- Desvio Padrão;
- Amplitude.

-Controle de Atributos:

- Fração Defeituosa  $p$ ;
- Número Total de Defeituosos na Amostra;
- Defeitos por Unidade;
- Número "C" de Defeitos na Amostra.



## Controle de Variáveis

- Utiliza sistema norte-americano (ASA e ASTM);
- Base → intervalo 3 sigma;
- Limites Controle:

Média  $\mu_x \pm 3 \sigma_x$

Desvio Padrão  $\mu_s \pm 3 \sigma_s$

Amplitude  $\mu_r \pm 3 \sigma_r$

- Probabilidade pto Zona II: 0,003

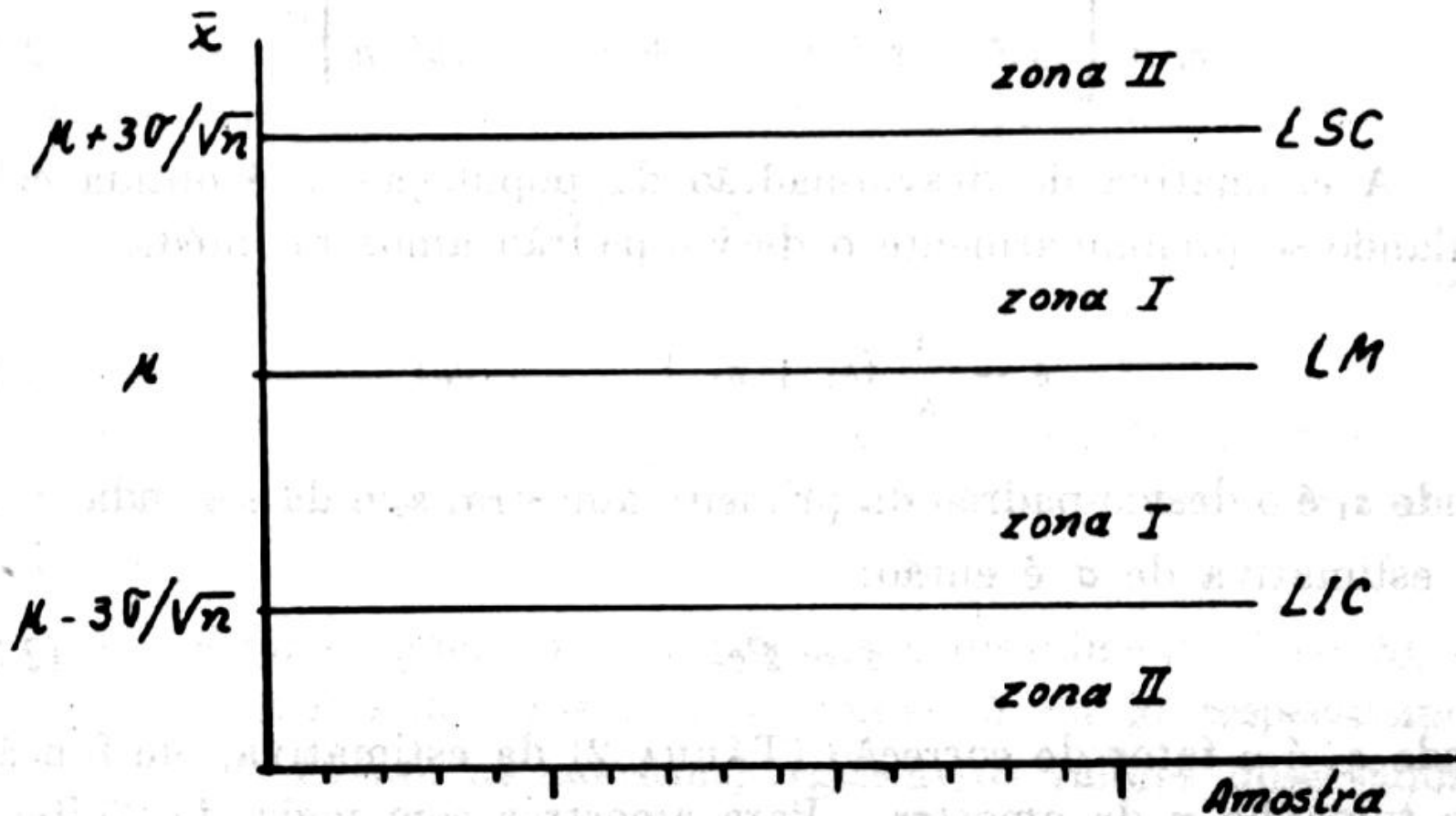


Figura 3 – Gráfico geral da média  $\bar{x}$

## - Gráfico da Média

a) Dados  $\mu$  e  $\sigma$

Média  $\mu$

Desvio-padrão  $\sigma$

Amostras extraídas

População Normal

$$LM = \mu_x = \mu$$

$$LSC = \mu + A\sigma$$

$$LSC = \mu - A\sigma$$

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Exemplo: Dados  $\mu$  e  $\sigma$  (Gráfico da Média)

$$n = 5 \text{ itens}$$

$$\mu = 5,60$$

$$\sigma = 0,05$$

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}} = 1,342$$

$$LM = \mu = 5,60$$

$$LSC = \mu + A \sigma$$

$$LSC = 5,60 + 1,342 \times 0,05 = 5,667$$

$$LIC = \mu - A \sigma$$

$$LIC = 5,60 - 1,342 \times 0,05 = 5,533$$

b) Desconhecidos  $\mu$  e  $\sigma$

Estimativas:  $k=25$   $n=4$  (itens)

$k=20$   $n=5$

- Estimativa da Média

$$x = \frac{1}{k} (x_1 + x_2 + \dots + x_k)$$

LM=x

## Amplitude Amostral

$$R = (R_1 + R_2 + \dots + R_k) / k$$

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

$$\text{LSC} = x + A_2 \cdot R$$

$$\text{LIC} = x - A_2 \cdot R$$

Estimativa pela amplitude

$$\bar{X} = \frac{2815,2}{20} = 140,76 = LM$$

$$\bar{R} = \frac{174}{20} = 8,70 = LM$$

$$LSC = 140,76 + 0,557 \times 8,70 = 145,78$$

$$LIC = 140,76 - 0,557 \times 8,70 = 135,74$$

Elimina 6 e 10

$$\bar{X} = \frac{2534}{18} = 140,78$$

$$\bar{R} = \frac{158}{18} = 8,78 = \text{LM}$$

$$LSC = 140,78 + 0,557 \times 8,78 = 145,85$$

$$LIC = 140,78 - 0,557 \times 8,78 = 135,71$$

$$\text{Estimativa } \sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{8,78}{2,326} = 3,77$$

Norma:  $\mu = 140,78$

$\sigma = 3,77$



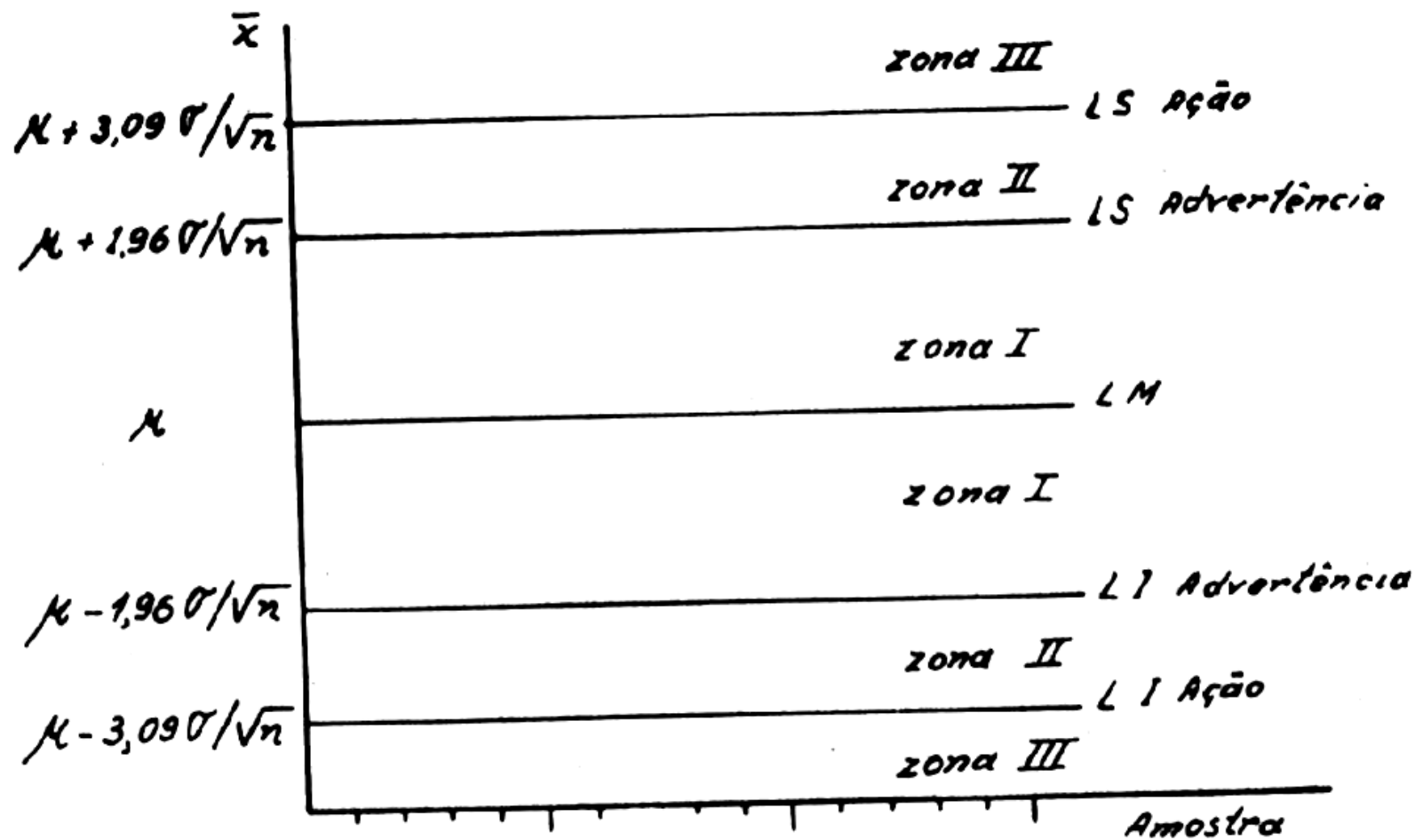
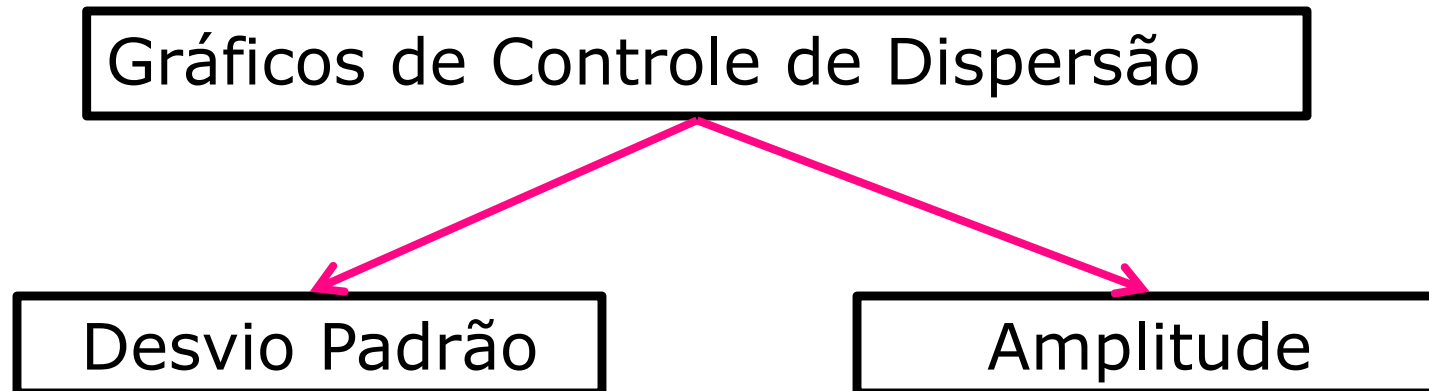


FIGURA 4 – Gráfico da média (sistema inglês)

## -Gráfico do Desvio Padrão

*Distribuição* → não caracterizar apenas valor médio → necessário medida dispersão em torno da média

*Gráfico média* → não suficiente → valores afastados média



- Estimativa do desvio-padrão Média e desvio padrão desconhecido (Gráfico do Desvio padrão)

### Desvio Padrão Amostral

$$s = \frac{1}{k} (s_1 + s_2 + \dots + s_k) \qquad \sigma = \frac{s}{c_2}$$

$$n > 25 \quad c_2 = 1,00$$

$$A_1 = \frac{3}{c_2 \sqrt{n}}$$

$$\text{LSC} = \bar{x} + A_1 \cdot s$$

$$\text{LIC} = \bar{x} - A_1 \cdot s$$

- Estimativa do Desvio-padrão

$$s = \left\{ 1 \pm \frac{3}{c_2 \sqrt{2n}} [2(n-1) - 2nc_2^2]^{1/2} \right\}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_2 \sqrt{2n}} [2(n-1) - 2nc_2^2]^{1/2}$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_2 \sqrt{2n}} [2(n-1) - 2nc_2^2]^{1/2}$$

$$\text{LM} = s$$

$$\text{LIC} = B_3 \cdot s$$

$$\text{LSC} = B_4 \cdot s$$

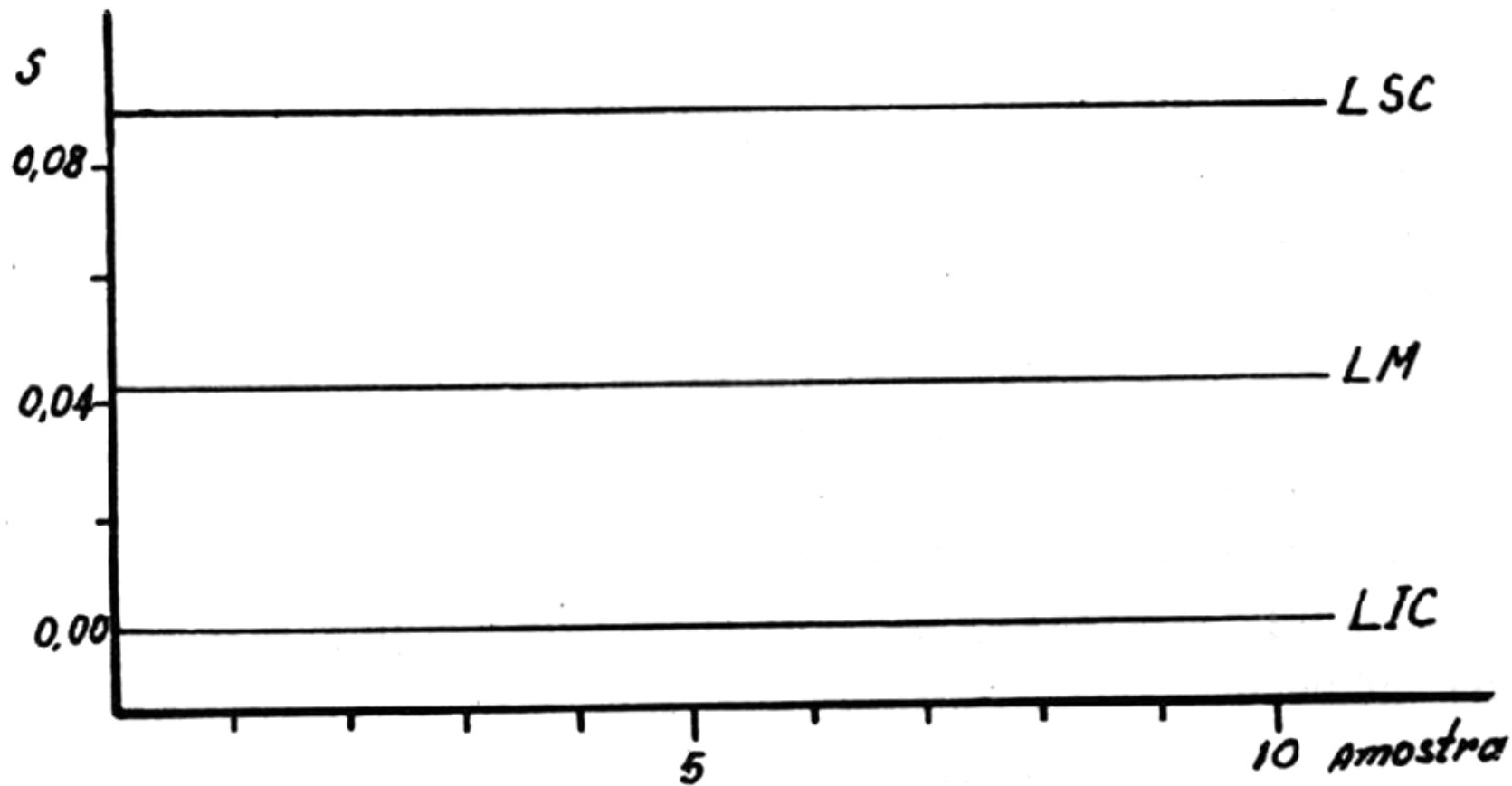


FIGURA 5 – Gráfico do desvio padrão  $s$

*Exemplo: Média e desvio padrão conhecido*  
(Gráfico do Desvio padrão)

<b>Amostra</b>	<b>Item 1</b>	<b>Item 2</b>	<b>Item 3</b>	<b>Item 4</b>	<b>Item 5</b>	<b>Média</b>
1	5,67	5,50	5,58	5,48	5,70	5,586
2	5,90	5,58	5,61	5,59	5,44	5,624
3	5,52	5,66	5,68	5,59	5,38	5,566
4	5,60	5,76	5,55	5,58	5,57	5,612
5	5,55	5,68	5,65	5,45	5,68	5,602
6	5,39	5,65	5,63	5,57	5,61	5,570
7	5,79	5,61	5,59	5,70	5,51	5,640
8	5,67	5,59	5,59	5,75	5,48	5,616
9	5,51	5,51	5,65	5,55	5,63	5,570
10	5,66	5,64	5,61	5,66	5,56	5,626

$$LM = C_2\sigma$$

$$LIC = B_1\sigma$$

$$LSC = B_2\sigma$$

$$K = 10$$

$$n = 5$$

$$\mu = 5,6$$

$$\sigma = 0,05$$

$$LM = C_2\sigma = 0,8407 \times 0,05 = 0,042$$

$$LIC = 0 \times 0,05 = 0$$

$$LSC = 1,756 \times 0,05 = 0,088$$

## - Gráfico da Amplitude

- Cálculo amplitude → + simples desvio padrão;
- Aproximação normal satisfatória → amostra máximo 10 itens;

$$\boxed{LM = \mu_R = d_2 \cdot \sigma}$$

$$\sigma_R = d_3 \cdot \sigma$$

$$d_2 \cdot \sigma \pm 3d_3 \cdot \sigma = (d_2 \pm 3d_3) \cdot \sigma$$

$$D_1 = d_2 - 3d_3$$

$$D_2 = d_2 + 3d_3$$

$$\boxed{LIC = D_1 \cdot \sigma}$$

$$\boxed{LSC = D_2 \cdot \sigma}$$



Média e desvio desconhecidos  
ESCREVER

$$\bar{X} = \frac{2815,2}{20} = 140,76 = LM$$

$$\bar{R} = \frac{174}{20} = 8,70 = LM$$

$$LSC = 140,76 + 0,557 \times 8,70 = 145,78$$

$$LIC = 140,76 - 0,557 \times 8,70 = 135,74$$

## Controle de Atributos

- Presença defeito → peça defeituosa;
- Ñ considera intensidade;
- Apenas 1 gráfico → + econômico;
- Único → característico qualidade ñ mensurável;
- Critério p/ defeituoso → lista.

-Recomendável:

- N<sup>o</sup> característicos cada peça ↑;
- s/ intensidade medida → passa-ñ-passa;
- Medida defeito → antieconômica → custo peça;
- Qualidade → inspeção visual.

## - Gráfico da Fração Defeituosa p

- Peças: Perfeitas x Defeituosas;

$$p = d/n = \text{Peças defeituosas} / \text{Total peças}$$

$$\text{LSC} = p + 3 \text{ raiz } p(1-p)/n$$

$$\text{LIC} = p - 3 \text{ raiz } p(1-p)/n$$

## Ex: Gráfico da fração defeituosa (fração não conforme)

Quadro 1: Fração defeituosa (resultados de 25 amostras; n = 50 peças)

Amostra	d	Fração defeituosa $p = d/n$
1	1	0,02
2	2	0,04
3	3	0,06
4	3	0,06
5	5	0,10
6	4	0,08
7	4	0,08
8	4	0,08
9	2	0,04
10	2	0,04
11	4	0,08
12	4	0,08
13	4	0,08
14	5	0,10
15	4	0,08
16	4	0,08
17	5	0,10
18	1	0,02
19	5	0,10
20	2	0,04
21	0	0,00
22	5	0,10
23	3	0,06
24	3	0,06
25	1	0,02
<b>Total</b>	<b>80</b>	

$$p = \frac{\sum d}{n \times k}$$

$$LSC = LIC = p \pm 3\sqrt{p(1-p)/n}$$

$$p = \frac{80}{1250} = 0,064$$

$$LSC = 0,064 + 3 \sqrt{((0,064 \times 0,936)/50)}$$

$$LSC = 0,064 + 0,105 = 0,169$$

$$LIC = 0,064 - 0,105 = - \dots = 0$$

## - Gráfico do Número Total de Defeituosos “np”

- Amostras = tamanho n;
- Equivalente gráfico p;
- Alteração escala ordenadas.

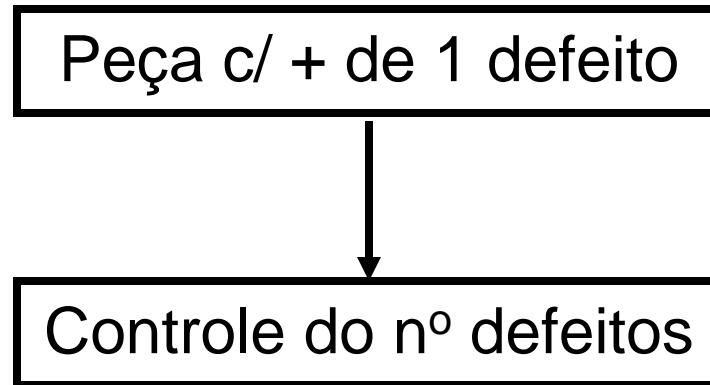
$$LM = n.p$$

$$LIC = np - 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$LSC = np + 3\sqrt{np(1-p)}$$

-Gráfico de Defeitos por Unidade “u” (não conformidades por unidade)

Gráfico de controle para não conformidades por unidade



- Unidade Produto → comp./área → defeitos/m;
- Recomendado → produto c/ várias partes → muitos característicos qualidade.



$$u = \frac{\text{N}^\circ \text{ total defeitos em todas amostras}}{\text{N}^\circ \text{ total de unidades em todas as amostras}}$$

$$LIC = u - 3\sqrt{u}$$

$$LSC = u + 3\sqrt{u}$$

*Exemplo:* Número de defeitos por unidade em 25 latas de sardinha

7	11	17	12	9
14	6	10	8	15
13	11	7	9	3
17	16	8	5	7
7	13	21	27	5

$$\sum \text{defeitos totais} = 278$$

$$K = 25$$

$$n = 1$$

$$\bar{U} = \frac{278}{25} = 11,12$$

$$LSC = 11,12 + 3\sqrt{11,12} = 21,14$$

$$LIC = 11,12 - 3\sqrt{11,12} = 1,10$$

## Novos cálculos: ELIMINANDO 27

$$\sum \text{defeitos totais} = 278 - 27 = 251$$

$$K = 24$$

$$n = 1$$

$$\bar{U} = \frac{251}{24} = 10,46$$

$$LSC = 10,46 + 3\sqrt{10,46} = 20,17$$

$$LIC = 10,46 - 3\sqrt{10,46} = 0,75$$

7	11	17	12	9
14	6	10	8	15
13	11	7	9	3
17	16	8	5	7
7	13	21	27	5

## Novos cálculos: ELIMINANDO 21

$$\sum \text{defeitos totais} = 251 - 21 = 230$$

$$K = 23$$

$$n = 1$$

$$\bar{U} = \frac{230}{23} = 10$$

$$LSC = 10 + 3\sqrt{10} = 19,48$$

$$LIC = 10 - 3\sqrt{10} = 0,52$$

7	11	17	12	9
14	6	10	8	15
13	11	7	9	3
17	16	8	5	7
7	13	21	27	5

## -Gráfico do Número “C” de Defeitos na Amostra

(gráfico de controle para não conformidades)

- Amostragem igual tamanho  $\rightarrow n$  cte,
- Equivalente “u”  $\rightarrow$  mudança escala ordenadas
- Ñ existe unidade natural  $\rightarrow$  qualidade comp./áreas =;
- Ñ precisa ser n° inteiro.

$$C = \frac{\text{N}^\circ \text{ total defeitos em todas peças}}{\text{N}^\circ \text{ de amostras}}$$

$$LIC = c - 3\sqrt{c}$$

$$LSC = c + 3\sqrt{c}$$

*Exemplo:*

Amostra	Número de falhas
1	7
2	15
3	9
4	5
5	0
6	4
7	12
8	0
9	11
10	13
11	0
12	5
13	8
14	6
15	4
16	11
17	0
18	12
19	8
20	10
<b>Total</b>	<b>144</b>

$$C = \frac{144}{20} = 7,20$$

$$LSC = 7,20 + 3\sqrt{7,20} = 15,24$$

$$LIC = 7,20 - 3\sqrt{7,20} = -\dots = 0$$