

Capacidade Sigma

Em projetos 6 Sigma, a capacidade de um processo é medida de uma forma ligeiramente diferente da estudada antes. Ao invés de Cp, Cpk, Pp, Ppk ou Cpm, mede-se a capacidade em **quantidade de sigmas**, a distância da média à especificação mais próxima (LIE ou LSE).

Fala-se, também, em capacidade sigma de curto e longo prazo, mas de modo distinto do que foi visto anteriormente.

Normal Reduzida (z)

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

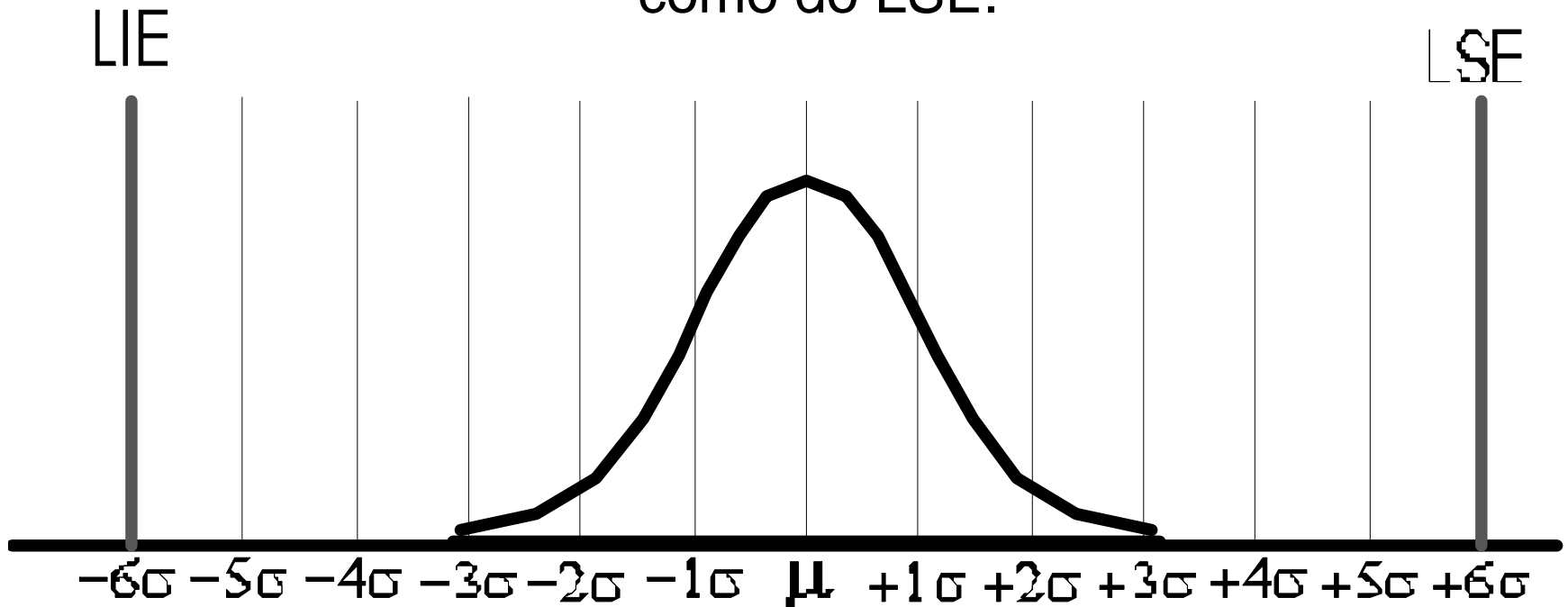
- z é a distância de x à média, em termos de quantidade de desvios-padrões;
- $z > 0$ indica um x acima da média μ ;
- $z < 0$ indica um x abaixo da média μ .

Exercício

O QI dos participantes deste curso tem distribuição normal, com média 137 e desvio-padrão igual a 13,8. Se o valor do QI para uma pessoa normal é 100, calcular z . O que significa este valor?

Capacidade Sigma (Variáveis)

Imagine um processo centralizado na especificação e cuja média esteja à distância de 6σ tanto do LIE como do LSE.



$$z_i = \frac{\text{LIE} - \mu}{\sigma} = \frac{(\mu - 6\sigma) - \mu}{\sigma} = -6$$

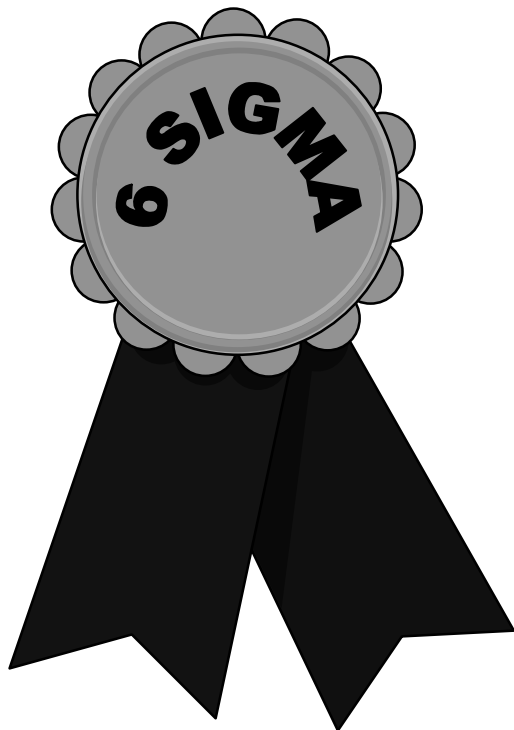
$$z_s = \frac{\text{LSE} - \mu}{\sigma} = \frac{(\mu + 6\sigma) - \mu}{\sigma} = 6$$

Nesta situação, a probabilidade de se gerar um produto acima do LSE ou, então, abaixo do LIE é muito baixa:

$$P(x < \text{LIE}) = P(x < \mu - 6\sigma) = P(z < -6) = 0,0000000001$$

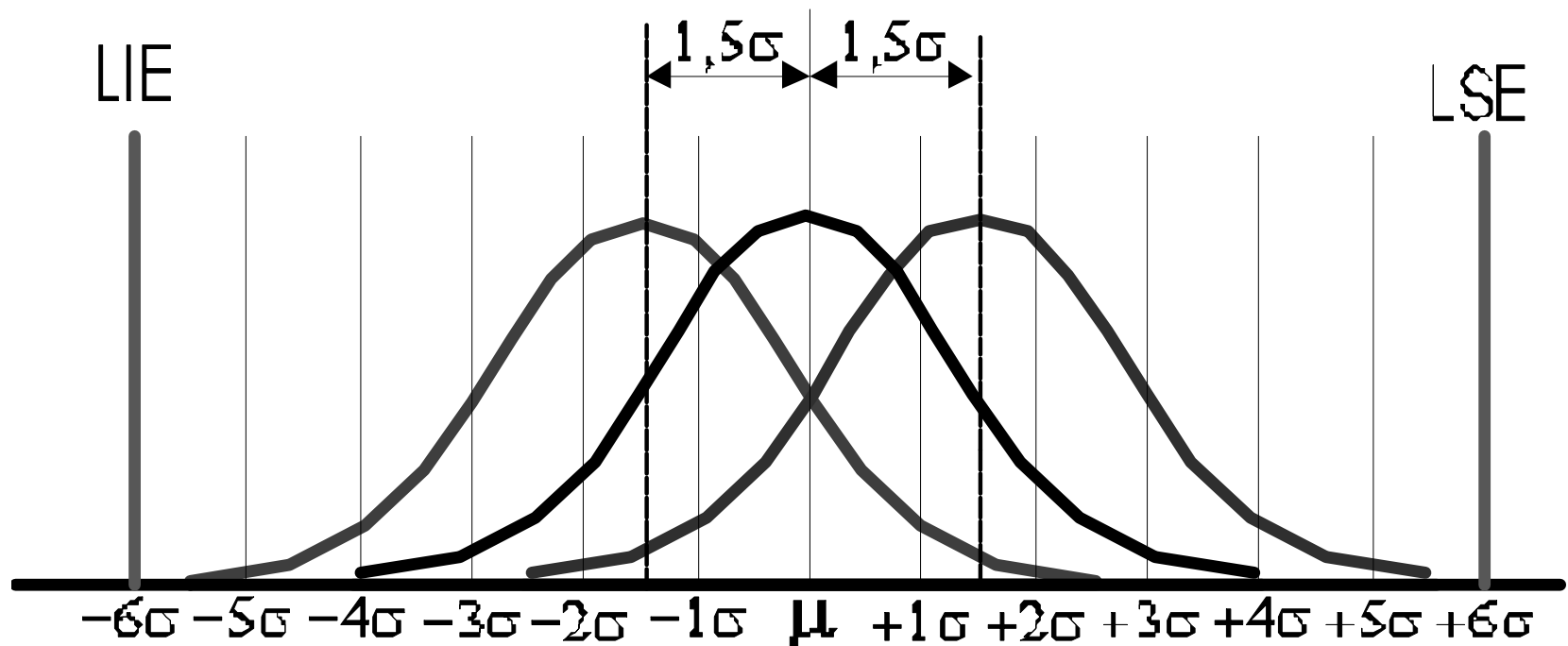
$$P(x > \text{LSE}) = P(x > \mu + 6\sigma) = P(z > 6) = 0,0000000001$$

Em outras palavras, a cada 1 bilhão de itens produzidos ou serviços prestados, 2 deles (um acima do LSE e outro abaixo do LIE) serão não-conformes.



**ISTO SIGNIFICA
PERFEIÇÃO
ABSOLUTA!**

Entretanto, na prática, é impossível manter-se um processo sempre centralizado, já que a longo prazo vários fatos fazem com que ele se desloque tanto para cima como para baixo.



Estudos conduzidos por especialistas revelaram que, via de regra, este deslocamento não costuma ser superior a $1,5 \sigma$ do centro da especificação.

- na melhor condição (centralizado) a distância da média μ à especificação mais próxima é de 6σ → **capacidade sigma de curto-prazo.**
- na pior condição (decentralizado) a distância da média μ à especificação mais próxima é de $4,5 \sigma$ → **capacidade sigma de longo prazo.**

Associando a Capacidade Sigma com Ppk

Como, na prática, não se conhece nem μ nem σ , então, emprega-se suas estimativas \bar{x} e s , respectivamente

$$z_i = \frac{LIE - \bar{x}}{s} \quad e \quad z_s = \frac{LSE - \bar{x}}{s}$$

$$P_{pi} = \frac{LIE - \bar{x}}{3s} \quad e \quad P_{ps} = \frac{LSE - \bar{x}}{3s}$$

Daí, conclui-se que:

$$z_{\text{MIN}} = 3Ppk$$

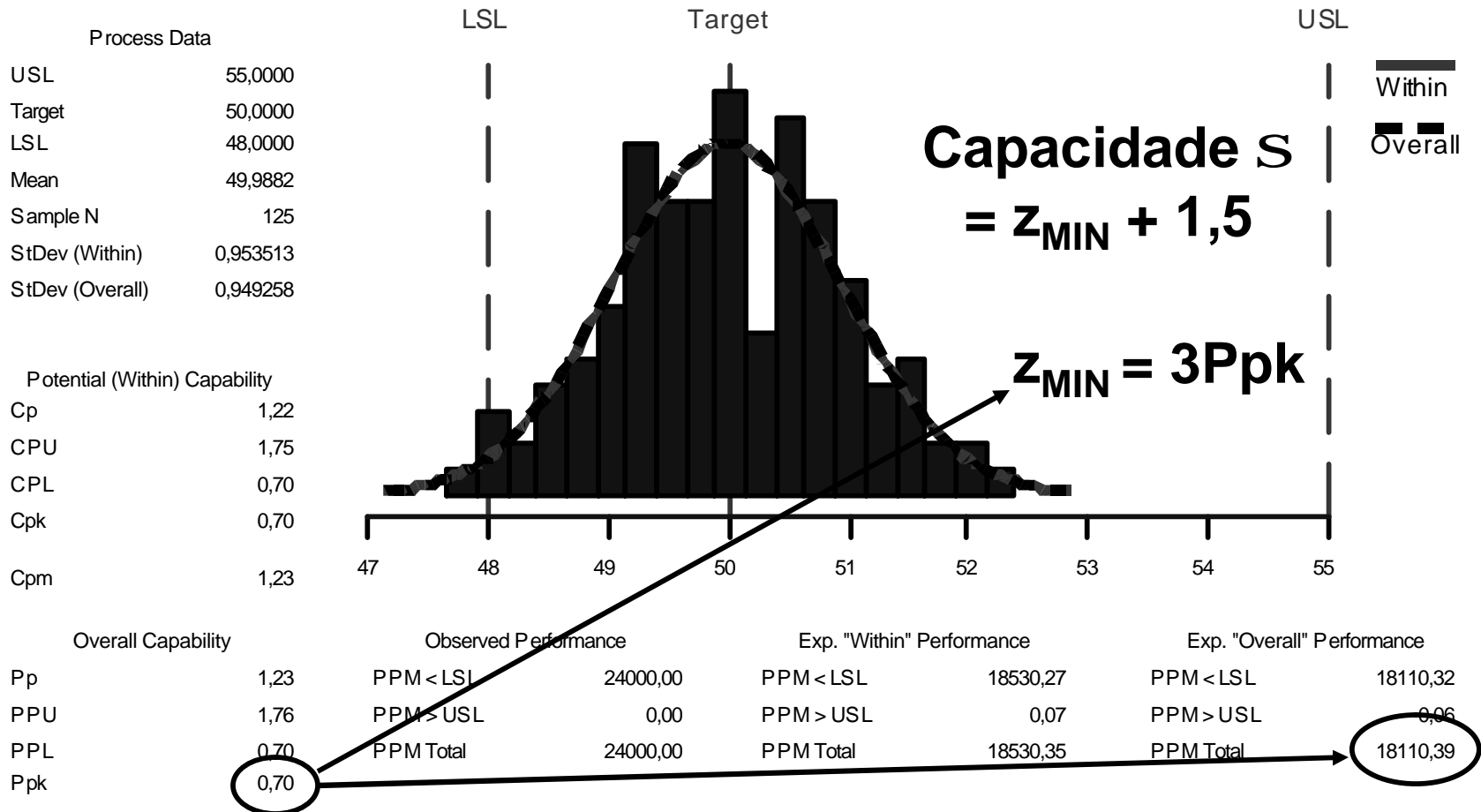
- z_{MIN} representa a distância da média à especificação mais próxima (LIE ou LSE) em quantidades de desvios-padrões;
- como existe, ainda, o fator de deslocamento de $1,5 \sigma$ na média, então a capacidade Sigma pode ser definida como:

$$\text{Capacidade } S = z_{\text{MIN}} + 1,5$$

A tabela abaixo apresenta a quantidade de itens fora de especificação, em partes por milhão (ppm), em função da capacidade sigma e, também, da descentralização do processo (em sigmas).

<i>Descentra</i>	<i>Capacidade Sigma</i>						
<i>lização</i>	<i>3,0s</i>	<i>3,5s</i>	<i>4,0s</i>	<i>4,5s</i>	<i>5,0s</i>	<i>5,5s</i>	<i>6,0s</i>
<i>0s</i>	2700	465	63	7	1	0	0
<i>0,25s</i>	3577	666	99	13	1	0	0
<i>0,50s</i>	6440	1382	236	32	3	1	0
<i>0,75s</i>	12288	3011	665	89	11	1	0
<i>1,00s</i>	22832	6433	1350	233	32	3	0
<i>1,25s</i>	40111	12201	3000	577	89	11	1
<i>1,50s</i>	66803	22800	6200	1350	233	32	3

Process Capability Analysis for normal



Exercício

Abrir o arquivo capavar.mtw e determinar a capacidade sigma dos dados na coluna normal2. As especificações (LIE e LSE) são 27 e 55, respectivamente.

Comentários Importantes

- o valor $1,5 \sigma$ que é somado ao valor de z_{MIN} é padrão e, portanto, não se sabe se este é suficiente e adequado para todas as situações;
- a capacidade sigma é sempre calculada da mesma forma, independentemente do fato da distribuição ser ou não normal;
- nenhuma referência é feita pelos autores da metodologia quanto a necessidade do processo ser previsível para que os resultados sejam válidos.

Capacidade Sigma (Atributos)

Também é possível se calcular a capacidade sigma em situações onde se trabalha com atributos. Neste caso, é preciso primeiro entender alguns conceitos básicos; defeito, unidade, defeito por unidade, oportunidade e defeitos por milhão de oportunidades.

-
- **Defeito:** falta de conformidade com qualquer dos requisitos especificados.
 - **Unidade:** elemento a ser avaliado quanto a presença de defeitos.
 - **Defeito por unidade (DPU):**

$$DPU = \frac{N^{\circ} \text{ de defeitos}}{N^{\circ} \text{ de unidades}}$$

- **Oportunidade:** chance de cometer erros dentro das unidades (forma de falha).
- **Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO):**

$$DPMO = \frac{\text{No de defeitos}}{(\text{No de oportunidades})} * 1.000.000$$

Exemplo

Em uma loja, quando uma venda é realizada, deve-se abrir um Pedido de Venda, que possui 12 campos a serem preenchidos. Uma amostra de 200 pedidos foi selecionada ao acaso, representativa de um mês de vendas, e encontrou-se 15 erros nestes formulários.

- Defeito: 1 erro de qualquer tipo no pedido;
- Unidade: 1 formulário;
- Defeito por Unidade (DPU): $15/200 = 0,075$
- Defeitos por Milhões de Oportunidades (DPMO):
 $(15/(200*12)) * 1.000.000 = 6.250$

Mais Exemplos

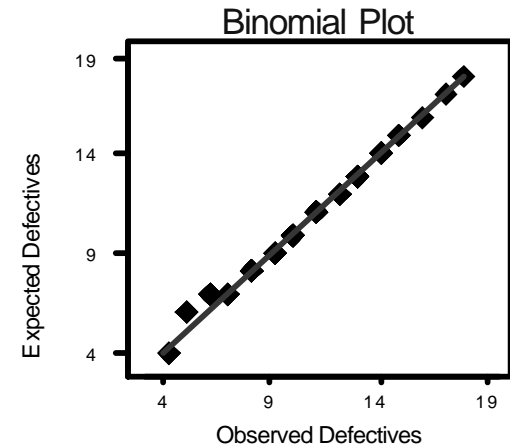
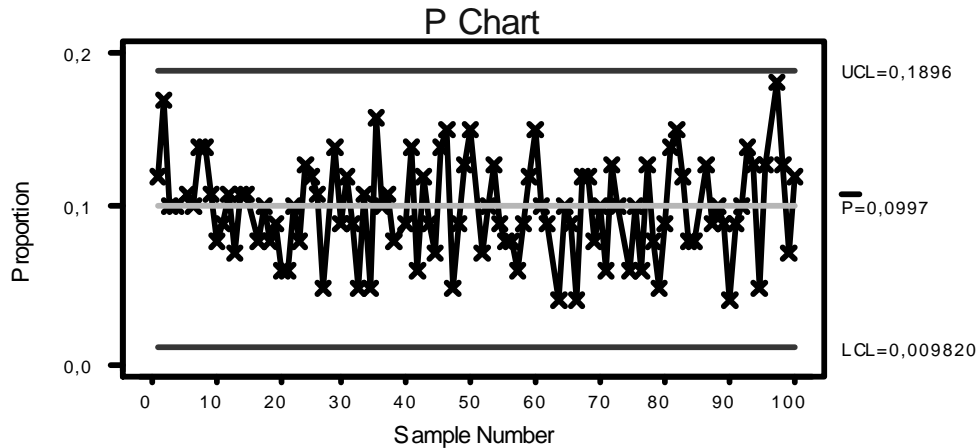
<i>Processo</i>	<i>Defeito</i>	<i>Unidade</i>	<i>Oportunidade</i>
<i>Oficina Mecânica</i>	Retorno do carro com problema após conserto	Carro	Cada um dos reparos feitos
<i>Envase de Refrigerante</i>	Garrafas fora do especificado para o volume	Garrafa	Garrafa acima do LSE ou abaixo do LIE
<i>Entrega de Produtos</i>	Fora das condições contratuais	Pedido	Fora do prazo ou quantidade errada
<i>Serviço de Atendimento ao Cliente</i>	Não atender à solicitação do cliente	Cada chamada telefônica	Resposta incompleta ou incorreta

Exercício

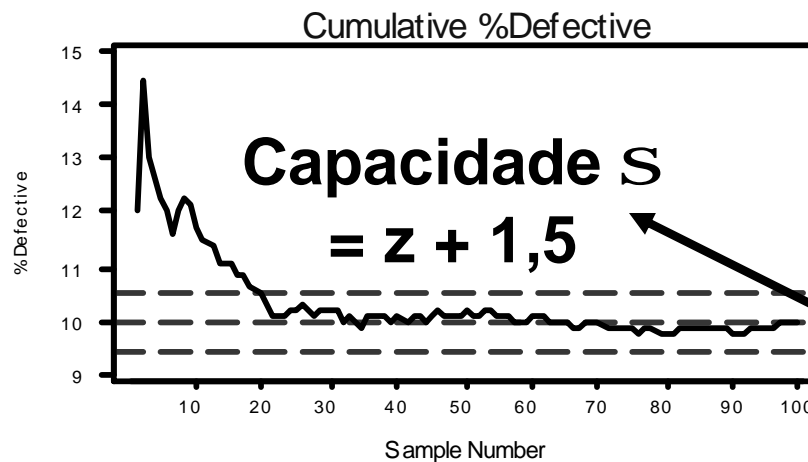
Selecione alguns processos de sua área e diga o que seria, no caso:

- defeito:
- unidade:
- oportunidade:

Binomial Process Capability Report for binomial



PPM Total



Summary Stats
(denotes 95% C.I.)

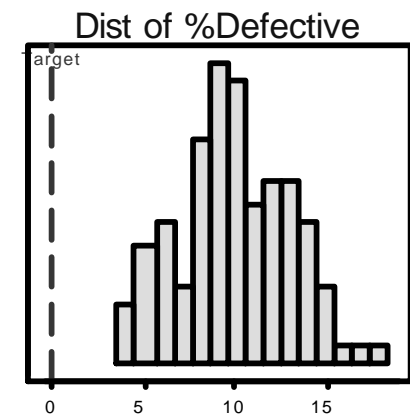
Average P: 0,0997
(0,0939; 0,1057)

%Defective: 9,970
(9,39; 10,57)

Target: 10,5

RPM Def.: 99700
(93895; 105720)

Process Z: 1,283
(1,250; 1,317)



Exercício

Ao final de cada treinamento numa empresa, passam-se formulários para avaliação de reação dos participantes. O formulário possui um total de 10 questões e cada nota inferior a cinco obtida numa delas é considerada uma falha.

Calcular a capacidade sigma para os dados do arquivo treinamento.mtw.