

## Exercícios de Avaliação de Sistemas de Medição

Considere o caso em que se deseja levantar a repetitividade e a reprodutibilidade de um micrômetro com leitura milesimal, usado na medição do resultado de um processo de usinagem de uma dimensão de um componente. Para isso, dez peças são selecionadas aleatoriamente. Em seguida, três operadores igualmente treinados na utilização do instrumento medem duas vezes cada uma das peças. A sequência em que cada um dos operadores mede cada uma das peças é aleatorizada. Os resultados são apresentados na tabela a seguir:

Tabela: Dados para estudo de R&R

Peças	Operador 1		Operador 2		Operador 3	
	Medidas		Medidas		Medidas	
	1	2	1	2	1	2
1	19,982	19,981	19,981	19,981	19,981	19,976
2	19,994	19,993	20,001	19,997	19,996	19,996
3	20,223	20,221	20,219	20,221	20,223	20,222
4	20,226	20,226	20,222	20,226	20,223	20,224
5	20,025	19,994	20,035	20,033	20,028	20,025
6	20,234	20,233	20,234	20,234	20,233	20,227
7	20,043	20,043	20,054	20,051	20,037	20,035
8	20,050	20,049	20,052	20,051	20,032	20,032
9	20,015	20,017	20,018	20,017	19,985	19,979
10	19,980	19,980	19,980	19,980	19,994	19,980

- 1) Efetue um estudo de capacidade do sistema de medição. Siga os seguintes passos:
  - a) Identifique e defina as variáveis do problema (ver verso);
  - b) Calcule as médias das medições de cada operador ( $\bar{x}$ ) e suas respectivas amplitudes ( $R$ ). Calcule também a média das médias ( $\bar{\bar{x}}$ ) e a média das amplitudes ( $\bar{R}$ ) – use tabela no verso;
  - c) Calcule a repetitividade do instrumento;
  - d) Calcule a reprodutibilidade do instrumento;
  - e) Calcule o valor de R&R;
  - f) Estime o valor do Desvio-Padrão Total ( $\sigma_{total}$ ). Justifique a escolha;
  - g) Avalie a adequabilidade do sistema de medição;

### Material de Apoio:

• $R\&R$	=	Repetitividade e Reprodutibilidade do Sistema de Medição (capacidade do sistema de medição).
• <i>Micrômetro</i>	=	Instrumento de medição a ser avaliada a capacidade de medição.
• $n$	=	10, número de peças utilizadas para a análise de R&R.
• $o$	=	3, número de operadores igualmente treinados para o experimento.
• $r$	=	2, número de vezes que cada operador mede cada peça.
• $x$	=	Valor identificado para cada medida de cada operador em cada peça.
• $\bar{x}$	=	Médias das 2 medidas de cada operador para cada peça.
• $\bar{\bar{x}}$	=	Média das médias das 2 medidas de cada operador para cada peça.
• $\bar{\bar{\bar{x}}}$	=	Média total de todos os valores medidos $x$ .
• $R$	=	Amplitude das 2 medidas de cada operador para cada peça.
• $\bar{R}$	=	Média das amplitudes das 2 medidas de cada operador para cada peça.
• $\bar{\bar{R}}$	=	Média total de todas as amplitudes $R$ .
• $d_2$	=	1,128, constante considerando um tamanho de amostra $n = 2$ (no caso de ser utilizado para o valor de $r = 2$ ); ou 1,693, constante considerando um tamanho de amostra $n = 3$ (no caso de ser utilizado para o valor de $o = 3$ ).

Tabela: Dados para estudo de R&R

Peças	Operador 1				Operador 2				Operador 3			
	Medidas				Medidas				Medidas			
	1	2	$x$ (barra)	R	1	2	$x$ (barra)	R	1	2	$x$ (barra)	R
1	19,982	19,981			19,981	19,981			19,981	19,976		
2	19,994	19,993			20,001	19,997			19,996	19,996		
3	20,223	20,221			20,219	20,221			20,223	20,222		
4	20,226	20,226			20,222	20,226			20,223	20,224		
5	20,025	19,994			20,035	20,033			20,028	20,025		
6	20,234	20,233			20,234	20,234			20,233	20,227		
7	20,043	20,043			20,054	20,051			20,037	20,035		
8	20,050	20,049			20,052	20,051			20,032	20,032		
9	20,015	20,017			20,018	20,017			19,985	19,979		
10	19,980	19,980			19,980	19,980			19,994	19,980		

$x$ (2barra)	R (barra)

$x$ (2barra)	R (barra)

$x$ (2barra)	R (barra)



$x$ (3barra)	R (2barra)