

Medidas de grandezas físicas

Prof. Rafael Guido

rvcguido@ifsc.usp.br

Medidas diretas e indiretas

- **medidas diretas**, o valor numérico atribuído à grandeza física é lido diretamente da escala do instrumento
- **medidas indiretas**, a grandeza resulta de um cálculo realizado com valores de grandezas medidas diretamente

Erros de medida

- **Erros grosseiros**, cometidos por imperícia do operador, tais como erros de leitura ou de cálculos, desconhecimento do método experimental ou do uso dos instrumentos
- **Erros sistemáticos**, cometidos de forma idêntica durante o experimento, tipicamente por uma limitação do método de medida ou uma falha do instrument
- **Erros aleatórios ou estatísticos**, erros mais importantes de analisar. São causados pelas mudanças aleatórias, não controladas, nas condições do processo de medida, incluindo o operador, os instrumentos, o ambiente do experimento e o próprio sistema físico

Incerteza em medidas diretas

- calcular a média aritmética dos x_i os erros aleatórios tendem a se cancelar mutuamente

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

- Existem duas formas mais comuns de avaliar o grau de dispersão: o desvio médio e o desvio padrão. O **desvio médio** Δ é simplesmente a média aritmética dos desvios de cada dado experimental com relação ao valor médio, em módulo. O **desvio padrão** σ tem um significado semelhante, utilizando a função quadrado, que também é sempre positiva, em lugar do módulo dos desvios

desvio médio

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|}{N}$$



$$\bar{x} \pm \Delta$$



$$\bar{x} \pm \sigma$$



desvio padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

Desvio médio Δ

No. de medidas	Valor (mm)
1	5
2	7
3	6
4	5

Desvio médio Δ

No. de medidas	Valor (mm)
1	5
2	7
3	6
4	5
Somatória	23
No. de observações (N)	4
Valor médio	5,75

Desvio médio Δ

No. de medidas	Valor (mm)	Valor médio
1	5	5,75
2	7	5,75
3	6	5,75
4	5	5,75
Somatória	23	---
No. de observações (N)	4	---
Valor médio	5,75	

Desvio médio Δ

No. de medidas	Valor (mm)	Valor médio	$ \Delta $
1	5	5,75	0,75
2	7	5,75	1,25
3	6	5,75	0,25
4	5	5,75	0,75
Somatória	23	---	
No. de observações (N)	4	---	
Valor médio	5,75		

Desvio médio Δ

No. de medidas	Valor (mm)	Valor médio	$ \Delta $
1	5	5,75	0,75
2	7	5,75	1,25
3	6	5,75	0,25
4	5	5,75	0,75
Somatória	23	---	3
No. de observações (N)	4	---	4
Valor médio	5,75		0,75

$$\bar{x} \pm \Delta$$

$$5,75 \pm 0,75$$

Desvio médio Δ

No. de medidas	Valor (mm)	Valor médio	$ \Delta $
1	5	5,75	0,75
2	7	5,75	1,25
3	6	5,75	0,25
4	5	5,75	0,75
Somatória	23	---	3
No. de observações (N)	4	---	4
Valor médio	5,75		0,75

$$\bar{x} \pm \Delta$$

$$5,75 \pm 0,75 \longrightarrow \text{incerteza}$$

Desvio médio Δ

No. de medidas	Valor (mm)	Valor médio	$ \Delta $
1	5	5,75	0,75
2	7	5,75	1,25
3	6	5,75	0,25
4	5	5,75	0,75
Somatória	23	---	3
No. de observações (N)	4	---	4
Valor médio	5,75		0,75

$$\bar{x} \pm \Delta$$

$$5,75 \pm \underline{0,75} \longrightarrow \text{incerteza}$$



dois algarismos significativos

Algarismos significativos

5,75 →

0,75 →

1,783 →

4000 →

4000,98 →

0,000400 →

0,00040 →

0,0004 →

10,004 →

100,004 →

Algarismos significativos

5,75 → 3 algarismos significativos

0,75 → 2 algarismos significativos

1,783 → 4 algarismos significativos

4000 → 4 algarismos significativos

4000,98 → 6 algarismos significativos

0,000400 → 3 algarismos significativos

0,00040 → 2 algarismos significativos

0,0004 → 1 algarismo significativo

10,004 → 5 algarismos significativos

100,004 → 6 algarismos significativos

Forma correta de expressar o resultado de uma medida

O parâmetro chave é a própria incerteza

A primeira casa significativa da incerteza define onde serão truncados e arredondados os resultados, ou seja, devemos reportar a incerteza com somente um algarismo significativo

$5,75 \pm 0,75 \rightarrow$ dois algarismos significativos

$5,75 \pm 0,8 \rightarrow$ um algarismo significativo



$5,8 \pm 0,8$

Forma correta de expressar os resultados de uma medida

Desvio médio Δ

No. de medidas	Valor (mm)	Valor médio	$ \Delta $
1	5	5,75	0,75
2	7	5,75	1,25
3	6	5,75	0,25
4	5	5,75	0,75
Somatória	23	---	3
No. de observações (N)	4	---	4
Valor médio	5,75		0,75

$$\bar{x} \pm \Delta$$

$$5,75 \pm 0,75 \rightarrow$$

$$5,8 \pm 0,8 \text{ mm}$$

Forma correta de expressar o resultado de uma medida

6,9009 ± 0,009883

404 ± 9,10

84849 ± 9,391

0,93939 ± 0,66464

0,0008948 ± 0,0000048449

1,234 ± 0,34

50,030 ± 0,032

0,012 ± 0,004

Forma correta de expressar o resultado de uma medida

6,9009 ± 0,009883 (4 significativos)

404 ± 9,10 (3 significativos)

84849 ± 9,391 (4 significativos)

0,93939 ± 0,66464 (5 significativos)

0,0008948 ± 0,0000048449 (5 significativos)

1,234 ± 0,34 (2 significativos)

50,030 ± 0,032 (2 significativos)

0,012 ± 0,004 (1 significativo)

**Devemos reportar a
incerteza com somente
um algarismo significativo**

Forma correta de expressar o resultado de uma medida

$6,9009 \pm 0,009883$	$6,90 \pm 0,01$
$404 \pm 9,10$	404 ± 9
$84849 \pm 9,391$	84849 ± 9
$0,93939 \pm 0,66464$	$0,9 \pm 0,7$
$0,0008948 \pm 0,0000048449$	$0,000895 \pm 0,000005$
$1,234 \pm 0,34$	$1,2 \pm 0,3$
$50,030 \pm 0,032$	$50,03 \pm 0,03$
$0,012 \pm 0,004$	$0,012 \pm 0,004$

Todas as **incertezas com somente um algarismo significativo** e o valor médio truncado e arredondado nessa mesma ordem de grandeza (unidade, décimos, milésimos, milionésimos, bilhonésimos, etc)