

Medição de resistências elétricas

Preparação: Medidas a Tomar

- Estudos ~~atmosféricos~~ e ~~para~~ prometermonitormente o protocolo e registo de informações necessárias ~~em~~ à elaboração de experiências.
- Visualização do vídeo sobre a montagem experimental
- Preparação dos meios de registo de valores: Excel e Caderno de registo.

Objetivos

- Medir a resistência elétrica de bonas meliziboras reconhecendo a técnica de 4 contactos.
- Determinar o valor da resistividade elétrica do metal respectivo

2 Procedimento

1- Verificação do material necessário para elaborar a montagem inicial:

- Voltímetro V • Resistência X • Resistência de proteção \sim
• Interruptor \bullet • Fonte de tensão E \rightarrow R • Amperímetro (A)

2: Elaboração do montograma inicial

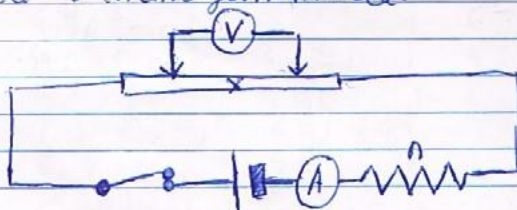


Figure 1 - Montgum Inicial

3 - Medir o comprimento l e o diâmetro D da barra entre os contactos de medição de tensão V .

4 - Efetuar várias medições para diferentes l 's no passo 3 e no passo 5.

5 - Registar o valor de tensão V entre os dois contactos bem definidos. Não deixar a corrente circular por 6 s do tempo necessário às medições, evitando o aquecimento da barra. Verificar a existência de eventuais alterações nos valores de tensão quando se segure / toque nos contactos de medição e na barra devido aos efeitos termoeletródicos. Caso seja relevante pode ~~se~~ subtrair às medições o valor lido no voltmetro imediatamente após abrir o interruptor / desligar a fonte de tensão (circuito aberto).

6 - Estimar a resistência dos contactos deslocando um dos contactos do voltmetro de modo a incluir o contacto de corrente respectivo. Comparar com o valor que pode ser obtido a partir da ordenada no origem do gráfico de R em função de l .

Alumínio	1
Alumínio	2
Cabo	3
Cabo	4
Cabo	5
Aço 95-99%	6

(1)

L (cm)	$U_{\text{fonte}} (V)$	$I (A)$	$U_{\text{ech.}}$	U_{cheio}
$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 0,001$	$\pm 0,001$
48,70	19,0	1,84	0,486	0,009
45,80	19,0	1,85	0,459	0,008
41,50	19,0	1,84	0,424	0,003
36,30	19,0	1,85	0,368	0,0087
33,30	19,1	1,85	0,341	0,009
29,60	19,1	1,84	0,303	0,0010
25,50	19,1	1,85	0,270	0,014
22,00	19,1	1,85	0,235	0,012
15,10	19,1	1,85	0,167	0,012
9,50	19,1	1,85	0,123	0,020
3,90	19,1	1,85	0,063	0,018
2,00	19,1	1,85	0,053	0,016

(2)

L (cm)	$U_{\text{fonte}} (V)$	$I (A)$	$U_{\text{ech.}}$	U_{cheio}
$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 0,001$	$\pm 0,001$
65,00	19,1	1,84	0,745	0,095
58,00	19,1	1,83	0,655	0,004
52,50	19,1	1,83	0,617	0,008
46,80	19,1	1,83	0,556	0,003
40,08	19,1	1,84	0,489	0,007
34,180	19,1	1,84	0,416	0,005
28,30	19,1	1,84	0,342	0,008
21,70	19,1	1,84	0,271	0,012
16,50	19,1	1,84	0,209	0,013
11,70	19,1	1,84	0,156	0,015
7,00	19,1	1,83	0,099	0,004
2,50	19,1	1,85	0,053	0,018

3)

L (cm)	U _{fonte}	I (A)	U _{recabo}	U _{techo}
± 0,05	± 0,01	± 0,01	± 0,01	± 0,01
55,00	19,1	1,81	3,928	0,1005
50,70	19,1	1,83	3,678	0,1011
45,60	19,1	1,82	3,251	0,1009
41,55	19,1	1,82	3,025	0,1033
36,90	19,1	1,82	2,666	0,1027
31,80	19,1	1,83	2,281	0,1037
27,30	19,1	1,81	1,970	0,1027
22,70	19,1	1,82	1,665	0,1028
17,40	19,1	1,82	1,296	0,1019
11,50	19,1	1,82	0,860	0,1020
6,80	19,1	1,83	0,532	0,1009
3,90	19,1	1,82	0,316	0,1017

4

L (cm)	U _{fonte}	I (A)	U _{recabo}	U _{techo}
± 0,05	± 0,01	± 0,01	± 0,01	± 0,01
58,00	19,1	1,82	5,960	0,1002
47,75	19,1	1,85	5,505	0,1011
41,80	19,1	1,82	4,900	0,1012
37,50	19,1	1,85	5,326	0,1013
33,10	19,1	1,83	3,808	0,1015
29,00	19,1	1,85	3,370	0,1006
25,90	19,1	1,82	2,750	-0,1003
21,00	19,1	1,85	2,196	0,1001
14,15	19,1	1,83	1,653	0,1003
9,00	19,1	1,82	1,057	0,1003
3,70	19,1	1,82	0,456	0,1005
0,50	19,1	1,83	0,112	0,1010

⑤ L (mm)	μ_{pente}	$I(A)$	$\mu_{\text{recho}} \pm 0,001$	$\mu_{\text{bento}} \pm 0,001$
$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$		
83,70	19,1	1,85	0,625	0,008
84,70	19,1	1,85	0,577	0,013
76,70	19,1	1,85	0,523	0,026
67,50	19,1	1,85	0,562	0,012
57,00	19,1	1,85	0,392	0,016
50,96	19,1	1,85	0,357	0,008 0,013
40,50	19,1	1,85	0,287	0,020
30,00	19,1	1,85	0,218	0,015
20,30	19,1	1,85	0,151	0,015
13,85	19,1	1,85	0,111	0,015
6,60	19,1	1,85	0,062	0,018
1,50	19,1	1,85	0,030	0,019

⑥ L (mm)	μ_{pente}	$I(A)$	$\mu_{\text{recho}} \pm 0,001$	$\mu_{\text{bento}} \pm 0,001$
$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$		
38,80	19,1	1,85	17,229	0,005
31,90	19,1	1,85	15,511	0,003
27,50	19,1	1,85	13,481	0,005
23,50	19,1	1,85	11,532	0,002
19,50	19,1	1,85	9,555	0,001
15,50	19,1	1,85	7,722	0,000
11,50	19,1	1,85	6,087	0,001
9,90	19,1	1,85	5,020	0,002
6,50	19,1	1,85	3,383	0,000
4,00	19,1	1,85	2,255	0,002
2,15	19,1	1,85	1,330	0,002
0,60	19,1	1,85	0,603	0,001

Estimar resistências com os 3 contacts

$R_{TP} = 5,618$ 1 contacto por (5,777) } Bore 4
 U_{aduto} 2 contacts por (5,930) } 0,50 cm
0,60 cm

$U_{aduto} = 0,558$ 1 cont por (0,591) 1 cm/1 } Bore 9
2 cont por (0,587) 0,5 cm/46 } 1 cm
1 cm

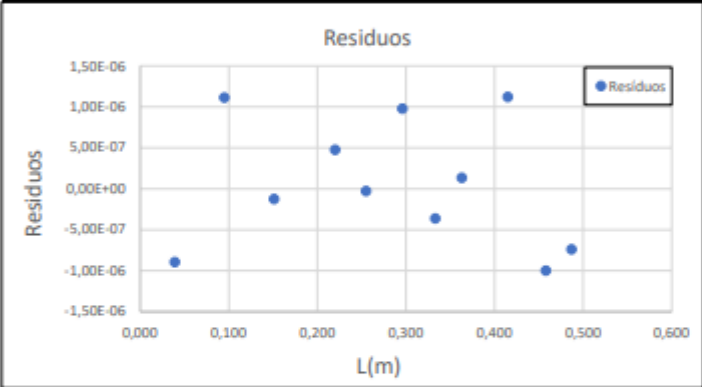
Métodos aceites em aula:

Não cuidar no manuseio de resistências de protecção pois a mesma pode aquecer com o seu uso contínuo e causar queimaduras leves ou graves.

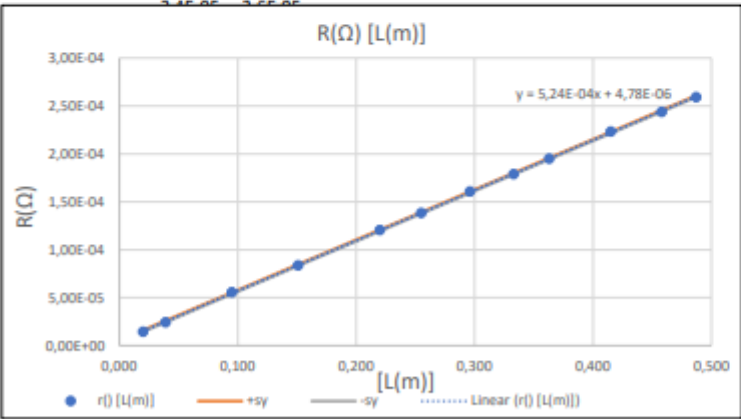
Não sobrecarregar o sistema, limitando a tensão usada a 20 Volts para evitar problemas nos circuitos.

Colocar os contactos do voltímetro de acordo com a montagem inicial, o voltímetro deve estar numa posição mais interna relativamente aos contactos dos amperímetros.

Barra 1 - Alumínio Quadrada							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,487	19,00	1,840	4,86E-04	9,00E-06	4,77E-04	2,59E-04	1,510E-06
0,458	19,00	1,850	4,59E-04	8,00E-06	4,51E-04	2,44E-04	1,424E-06
0,415	19,00	1,840	4,24E-04	1,30E-05	4,11E-04	2,23E-04	1,330E-06
0,363	19,00	1,850	3,68E-04	7,00E-06	3,61E-04	1,95E-04	1,185E-06
0,333	19,10	1,850	3,41E-04	1,00E-05	3,31E-04	1,79E-04	1,108E-06
0,296	19,10	1,840	3,03E-04	7,00E-06	2,96E-04	1,61E-04	1,029E-06
0,255	19,10	1,850	2,70E-04	1,40E-05	2,56E-04	1,38E-04	9,229E-07
0,220	19,10	1,850	2,35E-04	1,20E-05	2,23E-04	1,21E-04	8,466E-07
0,151	19,10	1,850	1,67E-04	1,20E-05	1,55E-04	8,38E-05	7,052E-07
0,095	19,10	1,850	1,23E-04	2,00E-05	1,03E-04	5,57E-05	6,187E-07
0,039	19,10	1,850	6,30E-05	1,80E-05	4,50E-05	2,43E-05	5,563E-07
0,020	19,10	1,850	4,30E-05	1,60E-05	2,70E-05	1,46E-05	5,463E-07



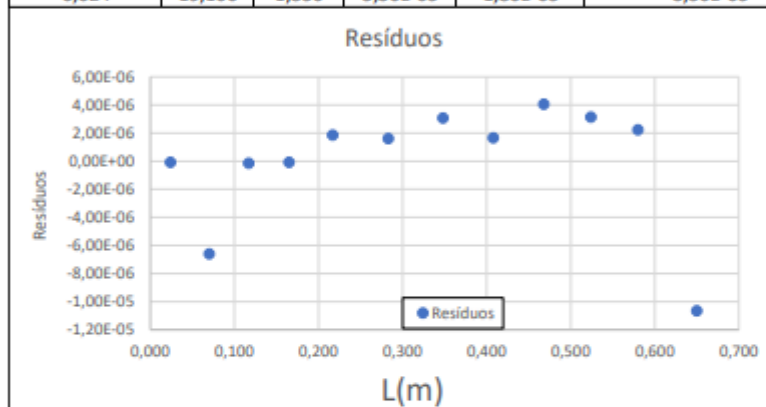
Medições de D	
D_1 (m)	8,45E-03
D_2 (m)	8,47E-03
D_3 (m)	8,43E-03
\overline{D} (m)	8,45E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-05
$u(\overline{D})$ (m)	5,77E-04



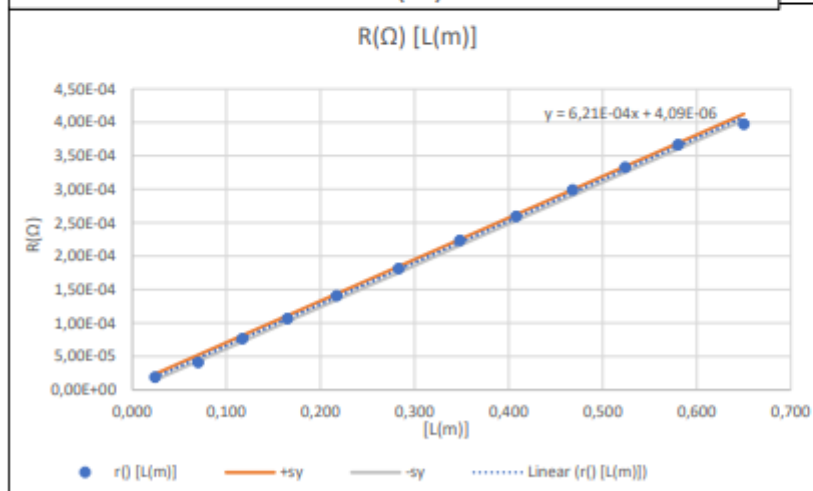
Análise estatística			
m	5,2E-04	4,8E-06	b
$u(m)$	1,5E-06	4,7E-07	$u(b)$
r^2	0,9999	8,1E-07	sy

Resistividade (ρ)	3,742E-08
$u(\rho)$	5,111E-09
$u(\rho)$ (%)	14%
Valor de referência	2,800E-08
Erro %	34%

Barra 2 - Alumínio Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,650	19,100	1,840	7,45E-04	1,40E-05	7,31E-04	3,97E-04	2,226E-06
0,580	19,100	1,830	6,75E-04	4,00E-06	6,71E-04	3,67E-04	2,077E-06
0,524	19,100	1,830	6,17E-04	8,00E-06	6,09E-04	3,33E-04	1,899E-06
0,468	19,100	1,830	5,56E-04	9,00E-06	5,47E-04	2,99E-04	1,722E-06
0,408	19,100	1,840	4,84E-04	7,00E-06	4,77E-04	2,59E-04	1,510E-06
0,348	19,100	1,840	4,16E-04	5,00E-06	4,11E-04	2,23E-04	1,330E-06
0,283	19,100	1,840	3,42E-04	8,00E-06	3,34E-04	1,82E-04	1,126E-06
0,217	19,100	1,840	2,71E-04	1,20E-05	2,59E-04	1,41E-04	9,384E-07
0,165	19,100	1,840	2,09E-04	1,30E-05	1,96E-04	1,07E-04	7,941E-07
0,117	19,100	1,840	1,56E-04	1,50E-05	1,41E-04	7,66E-05	6,847E-07
0,070	19,100	1,830	9,90E-05	2,40E-05	7,50E-05	4,10E-05	5,906E-07
0,024	19,100	1,850	5,30E-05	1,80E-05	3,50E-05	1,89E-05	5,501E-07



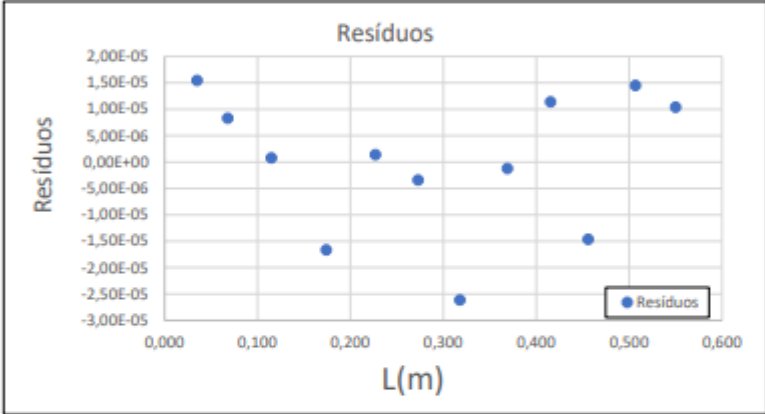
Medições de D	
D_1 (m)	8,03E-03
D_2 (m)	8,02E-03
D_3 (m)	8,05E-03
\bar{D} (m)	8,03E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-05
$u(\bar{D})$ (m)	5,77E-04



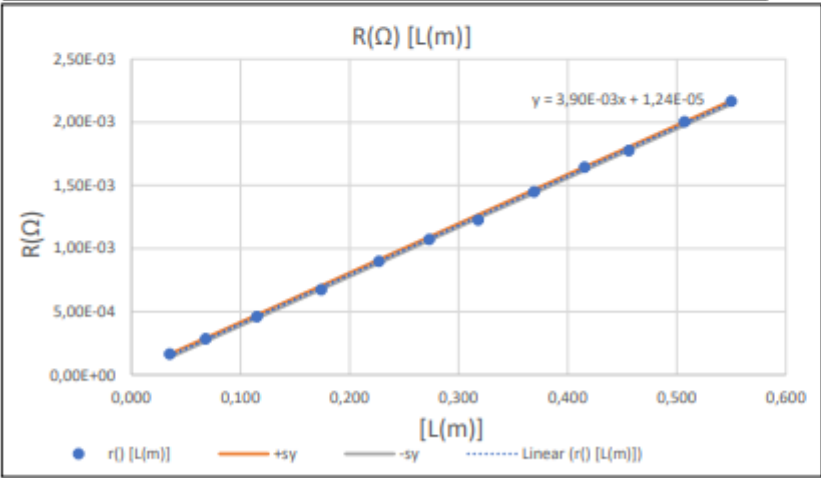
Análise estatística			
m	6,21E-04	4,09E-06	b
$u(m)$	6,59E-06	2,49E-06	$u(b)$
r^2	0,9989	4,54E-06	sy

Resistividade (ρ)	3,15E-08
$u(\rho)$	5,775E-09
$u(\rho)$ (%)	18%
Valor de referência	2,80E-08
Erro %	12,47%

Barra 3 - Latão Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,550	19,100	1,810	0,004	5,00E-06	3,92E-03	2,17E-03	1,199E-05
0,507	19,100	1,830	0,004	1,10E-05	3,67E-03	2,00E-03	1,096E-05
0,456	19,100	1,820	0,003	9,00E-06	3,23E-03	1,78E-03	9,773E-06
0,416	19,100	1,820	0,003	3,30E-05	2,99E-03	1,64E-03	9,049E-06
0,369	19,100	1,820	0,003	2,70E-05	2,64E-03	1,45E-03	7,986E-06
0,318	19,100	1,830	0,002	3,70E-05	2,24E-03	1,23E-03	6,723E-06
0,273	19,100	1,810	0,002	2,70E-05	1,94E-03	1,07E-03	5,957E-06
0,227	19,100	1,820	0,002	2,80E-05	1,64E-03	8,99E-04	4,969E-06
0,174	19,100	1,820	0,001	1,90E-05	1,23E-03	6,74E-04	3,745E-06
0,115	19,100	1,820	0,001	2,00E-05	8,40E-04	4,62E-04	2,595E-06
0,068	19,100	1,830	0,001	9,00E-06	5,23E-04	2,86E-04	1,655E-06
0,035	19,100	1,820	0,000	1,70E-05	2,99E-04	1,64E-04	1,057E-06



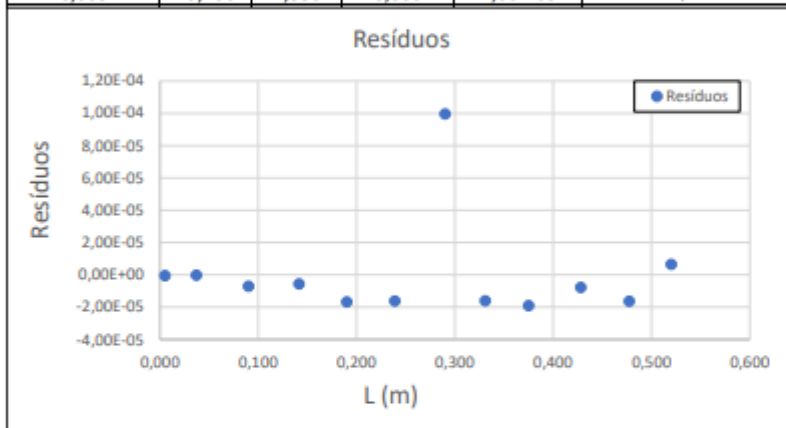
Medições de D	
D_1 (m)	5,48E-03
D_2 (m)	5,47E-03
D_3 (m)	5,49E-03
\overline{D} (m)	5,48E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-02
$u(\overline{D})$ (m)	5,77E-04



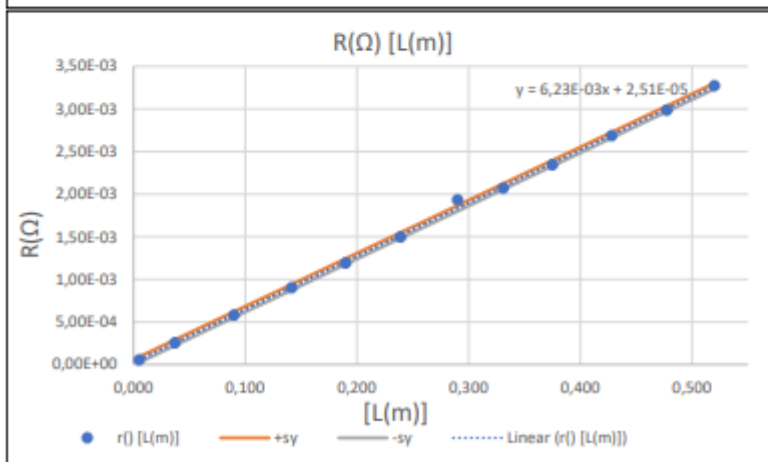
Análise estatística			
m	3,90E-03	1,24E-05	b
$u(m)$	2,44E-05	8,18E-06	$u(b)$
r^2	0,9996	1,39E-05	sy

Resistividade (ρ)	9,20E-08
$u(\rho)$	2,467E-08
$u(\rho)$ (%)	27%
Valor de referência	9,00E-08
Erro %	2,19%

Barra 4 - Latão Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,520	19,100	1,820	0,006	2,00E-06	5,96E-03	3,27E-03	1,800E-05
0,478	19,100	1,840	0,006	1,10E-05	5,49E-03	2,99E-03	1,624E-05
0,428	19,100	1,820	0,005	1,20E-05	4,89E-03	2,69E-03	1,477E-05
0,375	19,100	1,840	0,004	1,30E-05	4,31E-03	2,34E-03	1,275E-05
0,331	19,100	1,830	0,004	1,50E-05	3,79E-03	2,07E-03	1,134E-05
0,290	19,100	1,740	0,003	6,00E-06	3,36E-03	1,93E-03	1,112E-05
0,239	19,100	1,830	0,003	-3,00E-06	2,74E-03	1,50E-03	8,209E-06
0,190	19,100	1,840	0,002	1,00E-06	2,20E-03	1,19E-03	6,506E-06
0,142	19,100	1,830	0,002	3,00E-06	1,65E-03	9,02E-04	4,957E-06
0,090	19,100	1,820	0,001	3,00E-06	1,05E-03	5,79E-04	3,229E-06
0,037	19,100	1,820	0,000	5,00E-06	4,65E-04	2,55E-04	1,508E-06
0,005	19,100	1,830	0,000	1,00E-05	1,02E-04	5,57E-05	6,256E-07



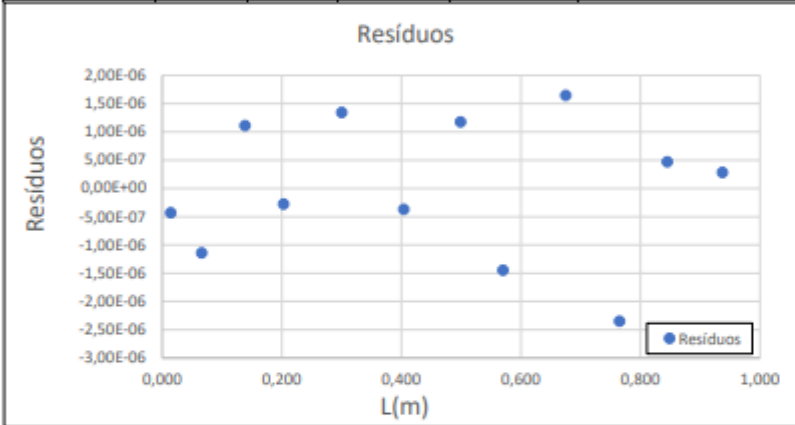
Medições de D	
D_1 (m)	4,46E-03
D_2 (m)	4,47E-03
D_3 (m)	4,45E-03
\bar{D} (m)	4,46E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-02
$u(\bar{D})$ (m)	5,77E-04



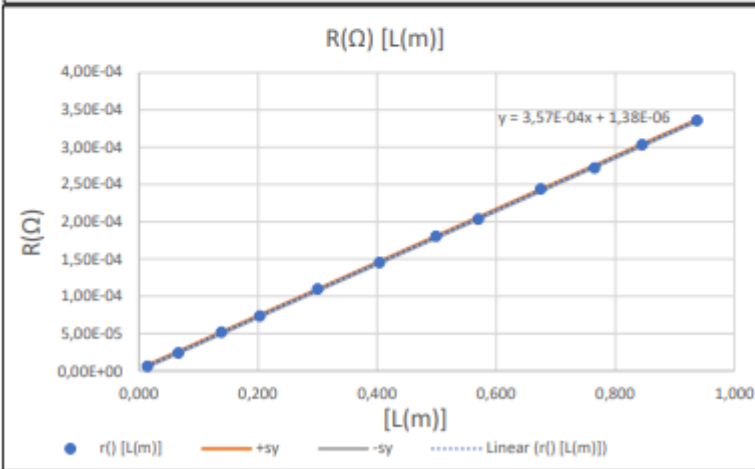
Análise estatística			
m	6,23E-03	2,51E-05	b
$u(m)$	5,96E-05	1,83E-05	$u(b)$
r^2	0,9991	3,40E-05	sy

Resistividade (ρ)	9,741E-08
$u(\rho)$	3,211E-08
$u(\rho)$ (%)	33%
Valor de referência	9,00E-08
Erro %	8,23%

Barra 5 - Cobre Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,937	19,100	1,840	6,26E-04	8,00E-06	6,18E-04	3,36E-04	1,905E-06
0,845	19,100	1,850	5,74E-04	1,30E-05	5,61E-04	3,03E-04	1,726E-06
0,765	19,100	1,850	5,23E-04	2,00E-05	5,03E-04	2,72E-04	1,566E-06
0,675	19,100	1,850	4,63E-04	1,20E-05	4,51E-04	2,44E-04	1,424E-06
0,570	19,100	1,850	3,92E-04	1,60E-05	3,76E-04	2,03E-04	1,224E-06
0,499	19,100	1,850	3,47E-04	1,30E-05	3,34E-04	1,81E-04	1,116E-06
0,404	19,100	1,840	2,87E-04	2,00E-05	2,67E-04	1,45E-04	9,578E-07
0,300	19,100	1,850	2,18E-04	1,50E-05	2,03E-04	1,10E-04	8,025E-07
0,203	19,100	1,850	1,51E-04	1,50E-05	1,36E-04	7,35E-05	6,709E-07
0,139	19,100	1,850	1,11E-04	1,50E-05	9,60E-05	5,19E-05	6,090E-07
0,066	19,100	1,850	6,20E-05	1,80E-05	4,40E-05	2,38E-05	5,556E-07
0,014	19,100	1,850	3,00E-05	1,90E-05	1,10E-05	5,95E-06	5,415E-07



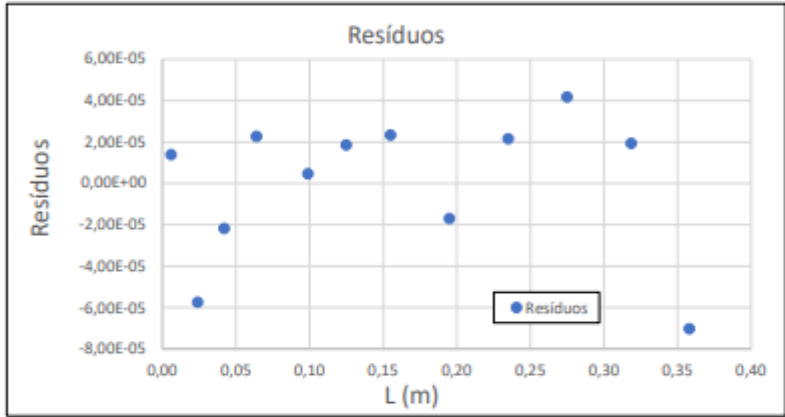
Medições de D	
D_1 (m)	7,94E-03
D_2 (m)	7,95E-03
D_3 (m)	7,95E-03
\bar{D} (m)	7,95E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-02
$u(\bar{D})$ (m)	5,77E-04



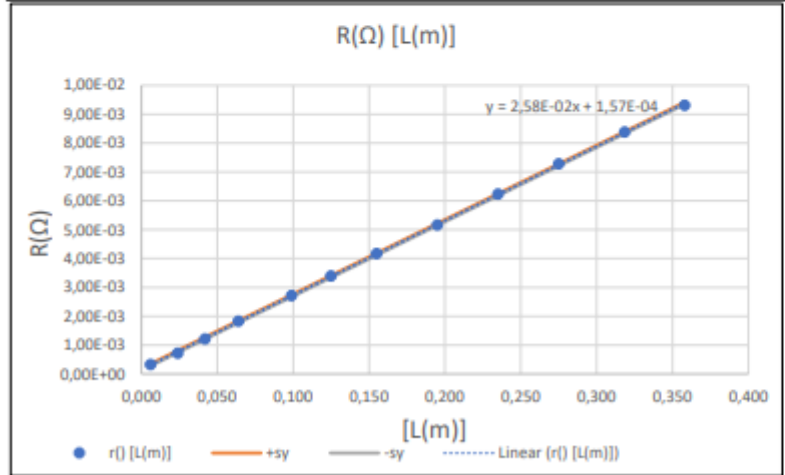
Análise estatística			
m	3,57E-04	1,38E-06	b
$u(m)$	1,24E-06	6,74E-07	$u(b)$
r^2	0,9999	1,29E-06	sy

Resistividade (ρ)	1,769E-08
$u(\rho)$	3,272E-09
$u(\rho)$ (%)	18%
Valor de referência	1,70E-08
Erro %	4,06%

Barra 6 - Aço Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,358	19,100	1,850	1,72E-02	4,00E-06	1,72E-02	9,31E-03	5,033E-05
0,319	19,100	1,850	1,55E-02	3,00E-06	1,55E-02	8,38E-03	4,532E-05
0,275	19,100	1,850	1,35E-02	5,00E-06	1,35E-02	7,28E-03	3,938E-05
0,235	19,100	1,850	1,15E-02	1,00E-06	1,15E-02	6,23E-03	3,370E-05
0,195	19,100	1,850	9,56E-03	1,00E-06	9,55E-03	5,16E-03	2,792E-05
0,155	19,100	1,850	7,72E-03	0,00E+00	7,72E-03	4,17E-03	2,257E-05
0,125	19,100	1,850	6,29E-03	4,00E-06	6,28E-03	3,40E-03	1,837E-05
0,099	19,100	1,850	5,02E-03	2,00E-06	5,02E-03	2,71E-03	1,467E-05
0,064	19,100	1,850	3,38E-03	0,00E+00	3,38E-03	1,83E-03	9,899E-06
0,042	19,100	1,850	2,25E-03	2,00E-06	2,25E-03	1,22E-03	6,602E-06
0,024	19,100	1,850	1,33E-03	2,00E-06	1,33E-03	7,18E-04	3,918E-06
0,006	19,100	1,850	6,03E-04	1,00E-06	6,02E-04	3,25E-04	1,840E-06



Medições de D	
D_1 (m)	6,47E-03
D_2 (m)	6,46E-03
D_3 (m)	6,47E-03
\bar{D} (m)	6,47E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-02
$u(\bar{D})$ (m)	5,77E-04



Análise estatística			
m	2,58E-02	1,57E-04	b
$u(m)$	9,24E-05	1,80E-05	$u(b)$
r^2	0,9999	3,64E-05	sy

Resistividade (ρ)	8,462E-07
$u(\rho)$	1,923E-07
$u(\rho)$ (%)	23%
Valor de referência	-
Erro %	-

Para obter os valores ~~de~~ de referência apresentados, o website utilizado foi o seguinte: "<https://www.electronics-notes.com/articles/basic-concepts/resistance/electrical-resistivity-table-material.php>".

Como podemos ver pelos valores obtidos nas tabelas anteriores, os valores de resistividade assemelham-se aos valores de referência com ~~erro~~ exceção dos valores obtidos para a barra metálica de forma retangular que obtém um erro % elevado.

No caso de inerteza % ~~de~~ de resistividade, obtiveram valores elevados no grupo de (19-33)%. Isto pode ser explicado pois o método utilizado, (4 contactos) ~~tem~~ depende de medições de comprimentos usando uma régua ~~que~~ ~~passa~~ ~~como~~ ~~fonte~~ ~~relativa~~ ~~de~~ ~~calibração~~ e um micrometro para as quase todas as medições efetuadas sendo que a maioria de formulas ~~de~~ ~~inerteza~~ de propagação de inerteza poderia perceber que o micrometro contabiliza mais para a inerteza relativa (%).

Através da análise dos gráficos obtidos, podemos perceber que o ajuste linear foi bem efetuado pois obtivemos valores próximos de 0² e de 5%.

Por além disso podemos perceber que os gráficos dos resíduos estão de acordo com o gráfico tempestivo e devem-se mesoriticamente devido a erros aleatórios.

Para os valores do aço não foi considerado nenhum valor de referência porque os mesmos variam ~~entre~~ na ordem de: 10^{-7} . No entanto os valores obtidos aproximam-se de Aço Inoxidável 316 ($1,8 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$).

Por indicação do docente ~~de~~ e devido à falta do tempo necessário, não foram efetuadas quaisquer medições relativas ao ponto 3 (aquecimento de base metálica).

~~Como de costume a duração e o procedimento~~