



Torneio Brasileiro de Física  
2 a 8 de Maio de 2021  
Prova Experimental



Solução da Prova

### Questão 1

(valor: 2 pontos)

Fotografe todas as bolas de papel usadas no experimento, organizando-as por tamanho.



- = 2 pts.: Por apresentar todas as bolas utilizadas.
- – 1 pts.: Por não apresentar todas as bolas utilizadas. (Observar tabela Q2)

**Questão 2****(valor: 5 pontos)**

Meça o diâmetro de cada uma das bolas de papel. Observe que a forma não é exatamente esférica, então tome os cuidados experimentais necessários para diminuir erros sistemáticos na sua medida. Para cada uma das bolas de papel, anote os valores de cada medida numa tabela como amostrada abaixo. Obtenha o valor do diâmetro de cada bola e avalie a incerteza. Use tantas medidas quanto achar necessário.

Calcule a densidade superficial de massa da folha,  $\rho$ , e indique na tabela. Preencha a tabela com todos os dados necessários.

$$\rho = 75 \text{ g/m}^2$$

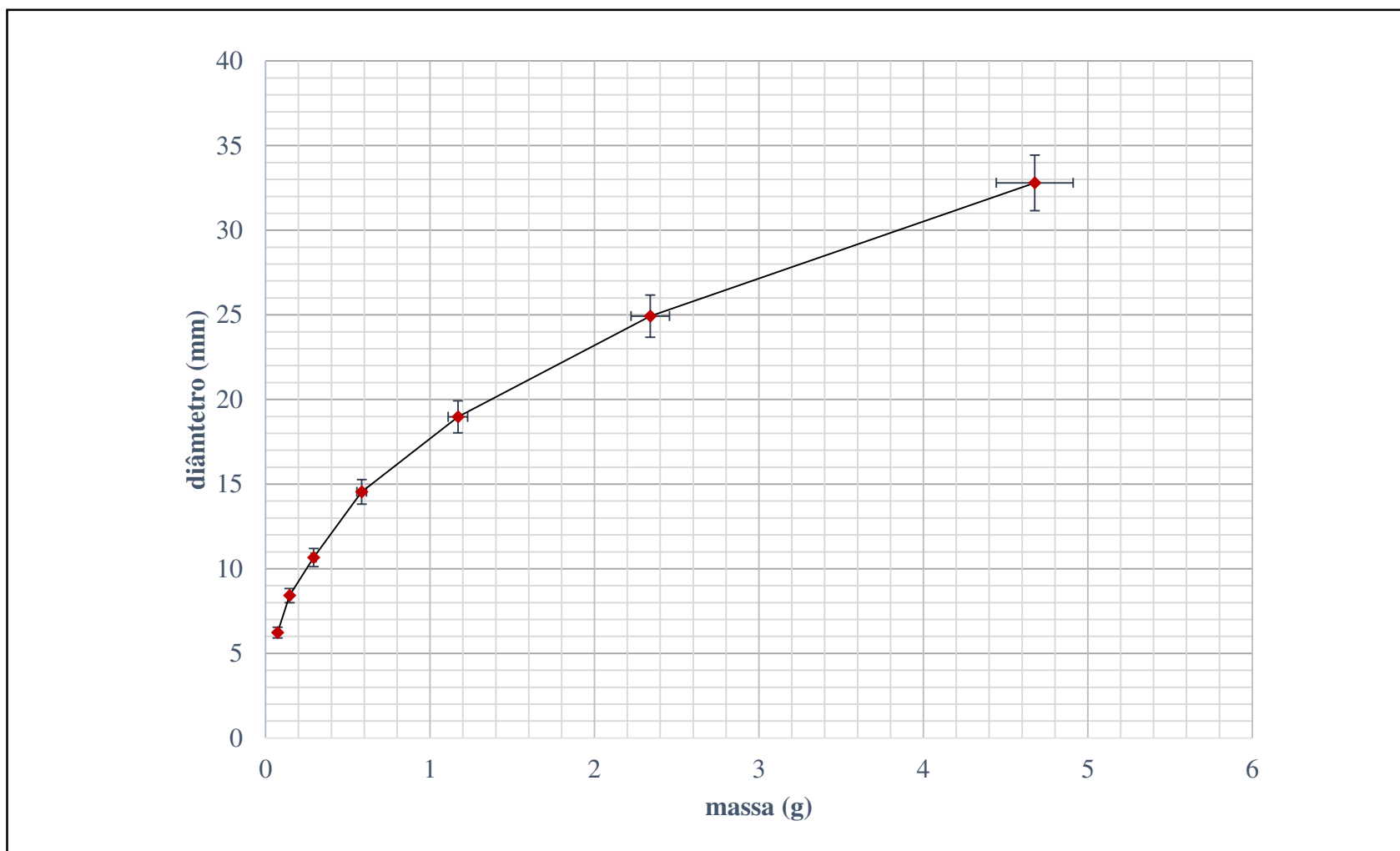
| Medida | área (mm <sup>2</sup> ) | massa (g) | diâmetro médio (mm) |
|--------|-------------------------|-----------|---------------------|
| 1      | 62370,00                | 4,67      | (32,80 ±0,49)       |
| 2      | 31185,00                | 2,33      | (24,93 ±0,40)       |
| 3      | 15592,50                | 1,16      | (18,97 ±0,56)       |
| 4      | 7796,25                 | 0,58      | (14,54 ±0,37)       |
| 5      | 3898,12                 | 0,29      | (10,66 ±0,18)       |
| 6      | 1949,06                 | 0,14      | (8,41 ±0,12)        |
| 7      | 974,53                  | 0,07      | (6,22 ±0,06)        |

- = 5 pts.: Apresentar tabela com ao menos 7 medidas de diâmetros diferentes e 3 medidas de diâmetro de cada bola.
- – 3 pts.: Apresentar tabela com ao menos 5 medidas.
- – 4 pts.: Apresentar tabela com ao menos 3 medidas.
- – 2 pts.: Não apresentar incerteza corretamente.
- – 5 pts.: Apresentar tabela com menos de 3 medidas e 3 amostras.

### Questão 3

(valor: 7 pontos)

Uma vez de posse de todas as medidas que achar necessário, faça um gráfico no papel milimetrado do diâmetro de cada bola em função da massa. Lembre-se de indicar graficamente as incertezas da medida.

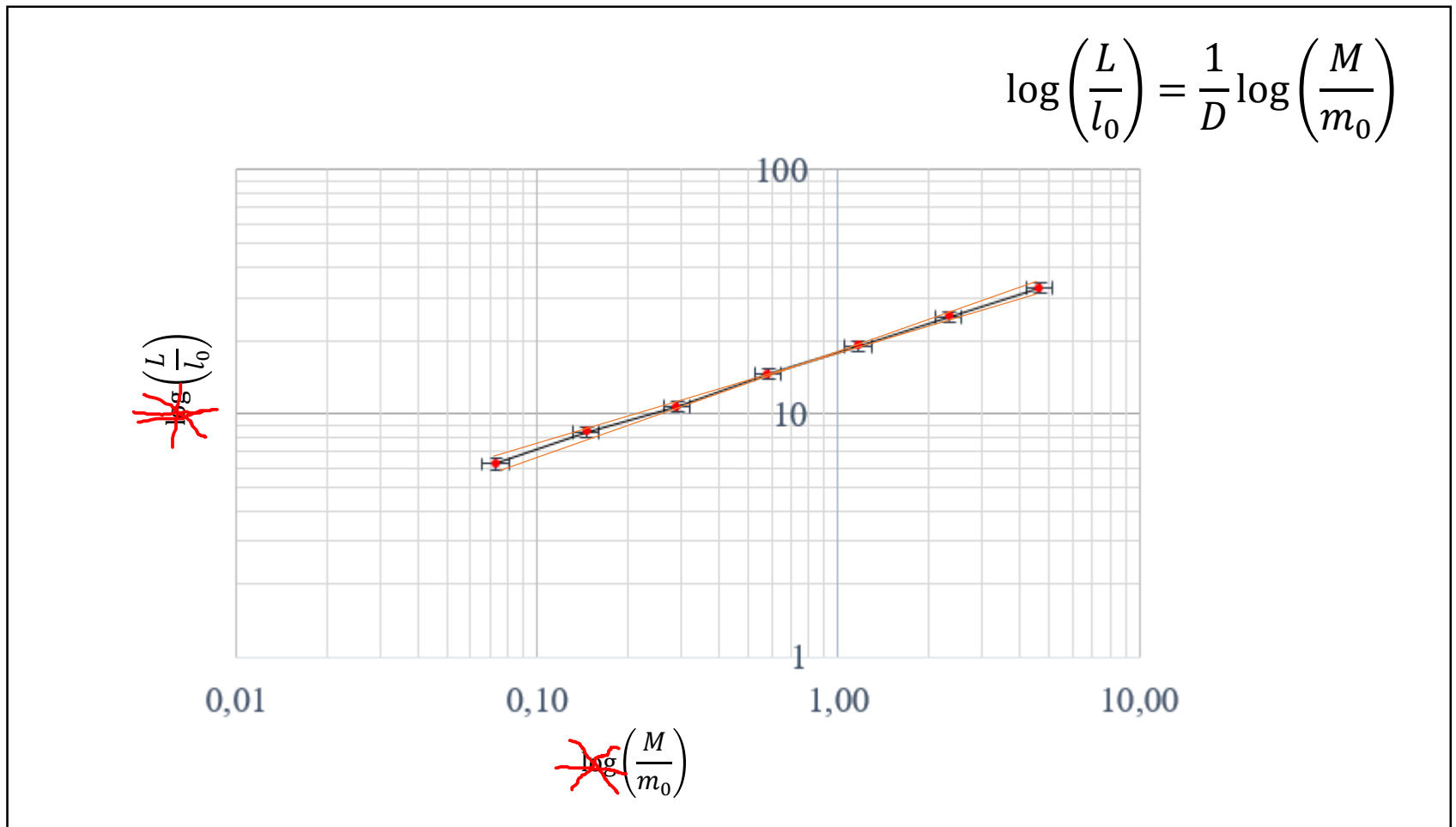


- = 7 pts: Apresentar dados tabelados em gráfico de papel milímetro.
- – 6 pts: Desconto por falta de título dos eixos.
- – 3 pts: Desconto por falta de unidade nos eixos.
- – 3 pts: Desconto por uso do papel de modo incorreto.
- – 2 pts.: Não apresentar incerteza corretamente.

#### Questão 4

(valor: 10 pontos)

Com base no gráfico obtido no papel milimetrado, avalie como utilizar UMA das folhas de gráficos restantes para obter os parâmetros  $m_0$  e  $D$  da teoria que descreve o fenômeno de dobras de superfícies. Faça o gráfico necessário e obtenha os valores das duas grandezas. Avalie GRAFICAMENTE as incertezas da duas grandezas. Deixe indicado todo o procedimento de análise das incertezas no mesmo gráfico.



- = 10 pts: Apresentar dados tabelados em gráfico em papel log-log.
- -7 pts: Desconto por falta de título dos eixos.
- -3 pts: Desconto por adicionar unidade nos eixos.
- -7 pts: Desconto por uso do papel de modo incorreto.
- -2 pts.: Não apresentar incerteza corretamente.

Questão 5

(valor: 10 pontos)

Coloque numa tabela como aquela abaixo os valores obtidos. Observe que a curva obtida pode ser escrita na forma

$$M = aL^\alpha, \quad (4)$$

onde  $a$  é uma constante a ser determinada

A equação (R1) é equivalente a (4)

$$M = kL^D = aL^\alpha$$

| $\rho$     | $a$ ( )                           | incerteza $a$ ( )<br>$g/mm^\alpha$ | $\alpha$ ( ) | incerteza $\alpha$ ( ) |
|------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------|------------------------|
| $75 g/m^2$ | $7,23 \times 10^{-4} g/mm^\alpha$ | $(\pm 4,9 \times 10^{-5})$         | 2,51         | $(\pm 0,03)$           |

- = 10 pts: Apresentar tabela completa com resultados e incertezas.
- -10 pts: Desconto por dados incompatíveis com as medidas.
- -7 pts: Desconto por incertezas não calculadas.
- -5 pts: Desconto por incompatibilidade no número de algarismos significativos.

### Questão 6

(valor: 4 pontos)

De posse dos resultados obtidos na seção Experimento - Parte 2, determine a dimensão de Hausdorff do papel amassado.

$$\log(L) = \frac{1}{D} \log(M) + \frac{1}{D} \log\left(\frac{1}{k}\right)$$

Portanto,  $\frac{1}{D}$  sendo coeficiente angular.

A dimensão de Hausdorff:

$$D = (2,51 \pm 0,03)$$

- = 4 pts: Apresentar análise gráfica da obtenção da inclinação no gráfico log-log e o método de obtenção da incerteza.
- -3 pts: Desconto por análise gráfica sem incertezas.
- -2 pts: Desconto por análise gráfica com incertezas mal avaliadas.

**Questão 7****(valor: 2 pontos)**

Com base nesta análise realizada, é possível determinar o valor da constante  $m_0$ ? Descreva detalhadamente o método para obter este valor e calcule-o, avaliando a incerteza.

$$\log(L) = \frac{1}{D} \log(M) + \frac{1}{D} \log\left(\frac{1}{k}\right)$$

Sendo  $\frac{1}{D} \log\left(\frac{1}{k}\right)$  o coeficiente linear

E sendo  $k = \frac{m_0}{l_0^D}$ , substituindo os valores de D e k.

Podemos determinar  $m_0$  a partir da estimativa da espessura de uma folha. Para determinar a espessura, foi dobrado a folha para em duas situações:

- 8 empilhamentos
- 16 empilhamentos.

Sendo resultado experimental:

$$(0,081 \pm 0,006)mm$$

Dessa forma tem-se o valor de  $m_0$ :

$$(1,27 \times 10^{-6} \pm 2,2 \times 10^{-7})g$$

- = 2 pts: Apresentar método que reduza a incerteza da medida da espessura a um valor similar àquele obtido no processo de medida anterior.
- -1 pts: Desconto por medida com erro muito menor do que o obtido no método anterior.
- -2 pts: Desconto com erro maior do que o obtido no método anterior.