

# Física Experimental 2 - FEP114

## Prova Final - 02/12/2010

Aluno:\_\_\_\_\_ n° USP:\_\_\_\_\_

Professor:\_\_\_\_\_

**Cada aluno pode consultar livremente o material de que dispõe.  
A pontuação máxima desta prova soma 13,5. A duração é de 3 horas.  
Devolver este caderno de questões juntamente com a folha de respostas.**

- 1) Na Tabela 1.1 se encontram os dados brutos das medições do diâmetro de duas esferas utilizadas em um experimento obtidos com instrumentos diferentes. O instrumento utilizado com a esfera A tem incerteza instrumental de 0,05 cm enquanto que aquele utilizado com a esfera B tem incerteza instrumental de 0,005 mm.

Tabela 1.1: Resultados das medições do diâmetro de duas esferas obtidos com instrumentos diferentes.

| Diâmetro         |                  |
|------------------|------------------|
| esfera A<br>(cm) | esfera B<br>(mm) |
| 5,65             | 8,625            |
| 5,60             | 8,615            |
| 5,70             | 8,610            |
| 5,65             | 8,620            |
| 5,60             | 8,615            |
| 5,60             | 8,630            |

- (a) (1,0) Obtenha o diâmetro das esferas.
- (b) (0,5) Calcule o volume de cada uma das esferas.
- (c) (0,5) Sabendo que a massa da esfera A é  $(0,110 \pm 0,005)$ kg, obtenha a densidade do material que a constitui.
- (d) (0,5) Conhecendo os valores de referência da densidade do aço,  $\rho_a = 7,8 \text{ g/cm}^3$ , e densidade do plástico,  $\rho_p = 1,19 \text{ g/cm}^3$ , é possível inferir de qual material a esfera A é composta?
- 2) Na Tabela 2.1 são fornecidos os valores  $\Delta x_{i+1}$ ,  $i = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ , tomados por um medidor A em um experimento de queda no ar. Esses valores referem-se a diferença entre a posição do objeto no tempo  $t_i = i \cdot \text{tic}$  e o tempo  $t_{i+2} = (i+2) \cdot \text{tic}$  de tal forma que nenhuma posição é utilizada mais que uma vez para que não haja covariância dos dados. O valor da unidade de tempo em segundos é  $\text{tic} = \frac{1}{60,0} \text{ s}$ . A incerteza dos valores de  $\Delta x_{i+1}$  é de 0,03 cm.
- (a) (1,0) Um membro do grupo de medidores fez um ajuste dos dados da Tabela 2.1 a uma reta,  $\Delta x = a \cdot t + b$ , tendo encontrado os valores 0,53 cm/tic e 0,30 cm para os parâmetros  $a$  e  $b$ , respectivamente. Preencha a 3a. coluna da Tabela 2.1 com valores calculados para  $\Delta x_{\text{calc}(1)}$  utilizando esses parâmetros. Em seguida, obtenha os resíduos absolutos,  $R_{A(1)}$ , e preencha a 4a. coluna.
- (b) (1,0) Confeccione o gráfico de resíduos,  $R_{A(1)}$ , no papel milimetrado da Figura 2.1 e faça a análise do mesmo.

- (c) (1,0) **Sem fazer o ajuste por MMQ** estime melhores valores para os parâmetros  $a$  e  $b$ .
- (d) (1,0) Preencha a 5a. coluna da Tabela 2.1 com valores calculados para  $\Delta x_{calc(2)}$  utilizando parâmetros do item c. Em seguida, obtenha os resíduos absolutos,  $R_{A(2)}$ , e preencha a 6a. coluna.
- (e) (1,0) Confeccione o gráfico de resíduos absolutos,  $R_{A(2)}$ , no papel milimetrado da Figura 2.2 para os resultados do item d e faça a análise do mesmo.
- (f) (0,5) Obtenha o valor da aceleração de gravidade,  $g$ , utilizando os resultados do item c e compare com o valor de referência de 978,64 cm/s.
- (g) (0,5) É possível observar algum efeito de atrito no gráfico do item e, em especial, na região de velocidades maiores a partir de  $t=25\text{tic}$ ?

Tabela 2.1: Valores obtidos de uma experiência de queda no ar.

| t<br>(tic) | $\Delta x$<br>(cm) | $\Delta x_{calc(1)}$<br>(cm) | $R_{A(1)}$<br>(cm) | $\Delta x_{calc(2)}$<br>(cm) | $R_{A(2)}$<br>(cm) |
|------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| 0          |                    |                              |                    |                              |                    |
| 1          | 0,88               |                              |                    |                              |                    |
| 2          | 1,43               |                              |                    |                              |                    |
| 3          |                    |                              |                    |                              |                    |
| 4          |                    |                              |                    |                              |                    |
| 5          | 3,02               |                              |                    |                              |                    |
| 6          | 3,54               |                              |                    |                              |                    |
| 7          |                    |                              |                    |                              |                    |
| 8          |                    |                              |                    |                              |                    |
| 9          | 5,21               |                              |                    |                              |                    |
| 10         | 5,77               |                              |                    |                              |                    |
| 11         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 12         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 13         | 7,37               |                              |                    |                              |                    |
| 14         | 7,95               |                              |                    |                              |                    |
| 15         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 16         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 17         | 9,59               |                              |                    |                              |                    |
| 18         | 10,07              |                              |                    |                              |                    |
| 19         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 20         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 21         | 11,71              |                              |                    |                              |                    |
| 22         | 12,27              |                              |                    |                              |                    |
| 23         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 24         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 25         | 13,90              |                              |                    |                              |                    |
| 26         | 14,43              |                              |                    |                              |                    |
| 27         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 28         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 29         | 16,04              |                              |                    |                              |                    |
| 30         | 16,56              |                              |                    |                              |                    |
| 31         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 32         |                    |                              |                    |                              |                    |
| 33         | 18,19              |                              |                    |                              |                    |
| 34         | —                  |                              |                    |                              |                    |
| 35         |                    |                              |                    |                              |                    |

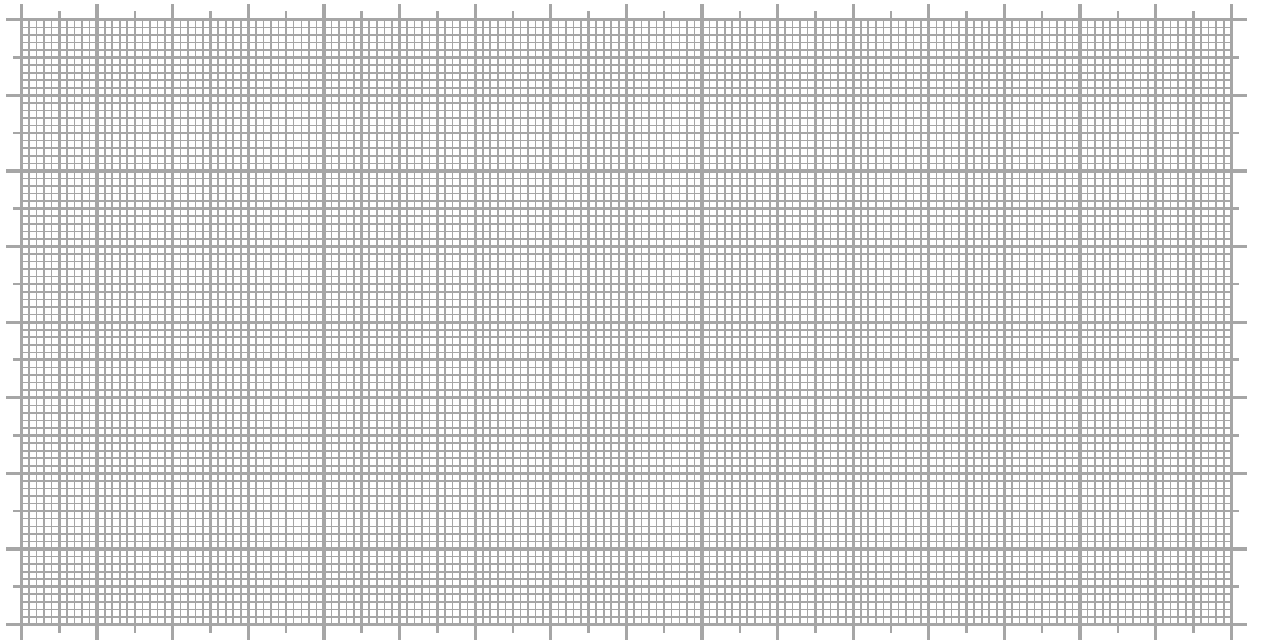


Figura 2.1: Resíduos  $R_{A(1)}$  obtidos no item a.

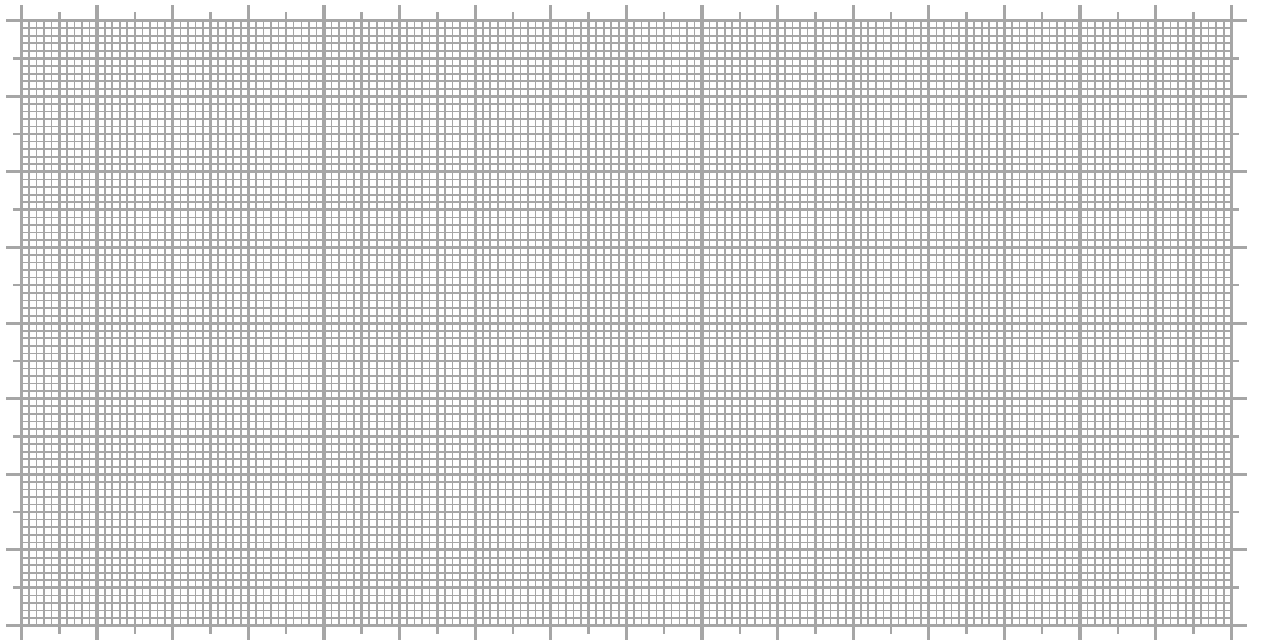


Figura 2.2: Resíduos  $R_{A(2)}$  obtidos no item d.

3) Os gráficos de resíduos são uma importante ferramenta na análise de dados. Baseando-se na dispersão dos dados do gráfico de resíduos absolutos e no valor do  $\chi^2$ , avalie a qualidade do ajuste para os seguintes casos. Justifique.

(a) (0,5) Dados referente ao gráfico da Figura 3.1:  $N = 19$  e  $\chi^2 = 15$ .

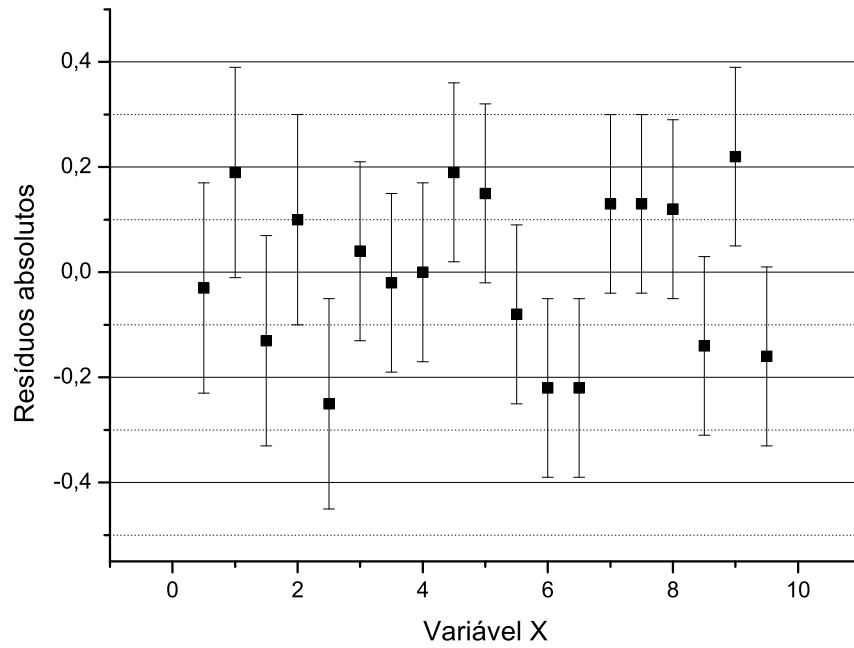


Figura 3.1: Resíduos absolutos de um ajuste onde  $N = 19$  e  $\chi^2 = 15$ .

(b) (0,5) Dados referente a Figura 3.2:  $N = 19$  e  $\chi^2 = 0,8$ .

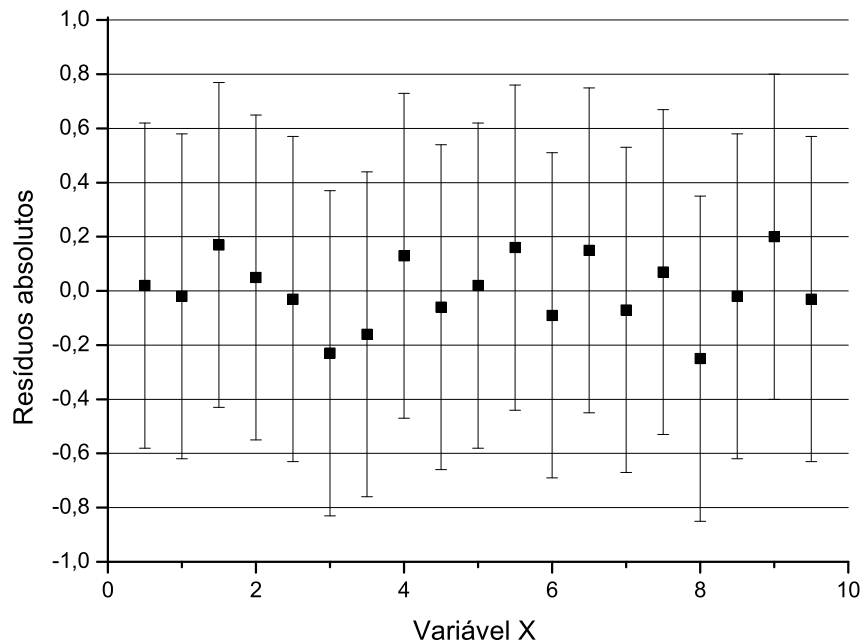


Figura 3.2: Resíduos absolutos de um ajuste onde  $N = 19$  e  $\chi^2 = 0,8$ .

(c) (0,5) Dados referente a Figura 3.3:  $N = 19$  e  $\chi^2 = 22$ .

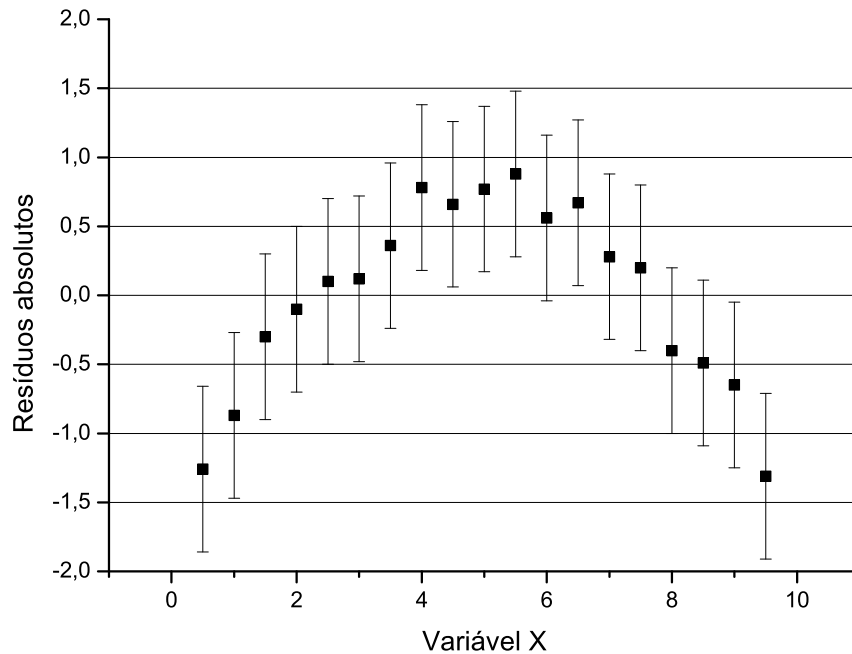


Figura 3.3: Resíduos absolutos de um ajuste onde  $N = 19$  e  $\chi^2 = 22$ .

A partir dos resíduos absolutos, é possível estimar a incerteza de um instrumento. Sabendo disso, um aluno fez DEZ medidas de duas grandezas X e Y, com relação bem conhecida, utilizando um equipamento com incerteza desconhecida. Depois de ter feito o ajuste por MMQ, obteve os resultados apresentados na Tabela 3.1 no gráfico de resíduos da Figura 3.4.

Tabela 3.1: Medidas das grandezas X e Y, estas foram obtidas com equipamento de incerteza desconhecida e resíduos absolutos (RA) para o ajuste linear.

| X  | Y      | $R_A = Y - Y_{calc}$ |
|----|--------|----------------------|
| 2  | 15,8   | -0,25                |
| 4  | 32,4   | 0,35                 |
| 6  | 48,1   | 0,11                 |
| 8  | 63,7   | -0,26                |
| 10 | 79,6   | -0,33                |
| 12 | 96,37  | 0,42                 |
| 14 | 111,93 | 0,00                 |
| 16 | 127,89 | -0,03                |
| 18 | 144,20 | 0,30                 |
| 20 | 159,58 | -0,30                |

- (d) (1,0) Baseando-se na flutuação desses dados em torno da reta ajustada, qual a estimativa de incerteza que o aluno obteve?
- (e) (0,5) Represente a incerteza obtida na Figura 3.1. Essa incerteza representa bem a flutuação dos dados? Justifique.

4) A Figura 4.1 apresenta a relação entre os valores médios da massa do cérebro e da massa do corpo de alguns animais.

- (a) (0,5) Trace no gráfico da Figura 4.1 a curva que representa a relação entre a massa do cérebro,  $m_e$ , e a massa do corpo,  $m_c$ .
- (b) (1,0) Encontre a relação funcional entre as variáveis massa do cérebro,  $m_e$ , e a massa do corpo,  $m_c$  utilizando os resultados do item (a).
- (c) (0,5) O que se pode concluir a partir do gráfico e da curva do item (b).

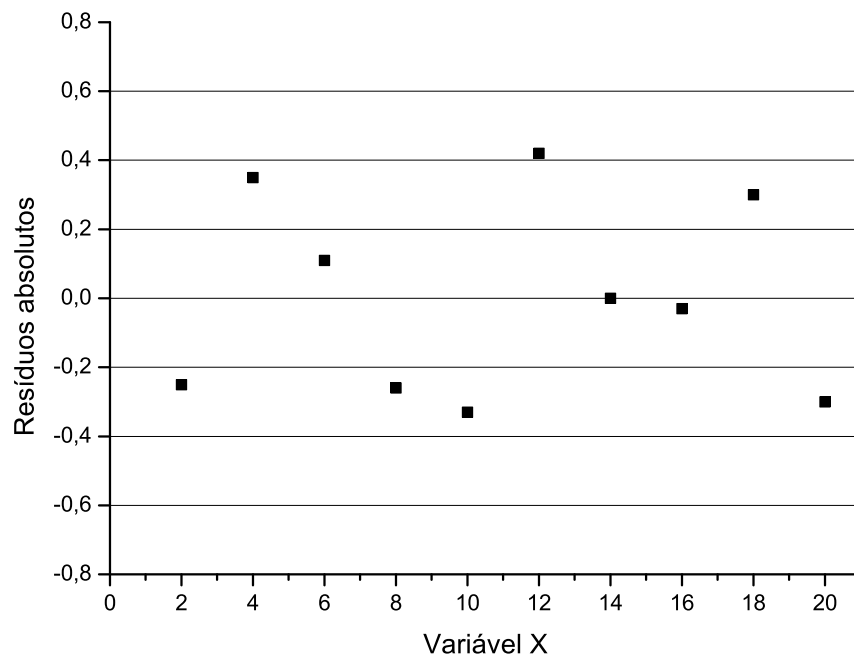


Figura 3.4: Resíduos absolutos de um ajuste aos dados da Tabela 3.1.

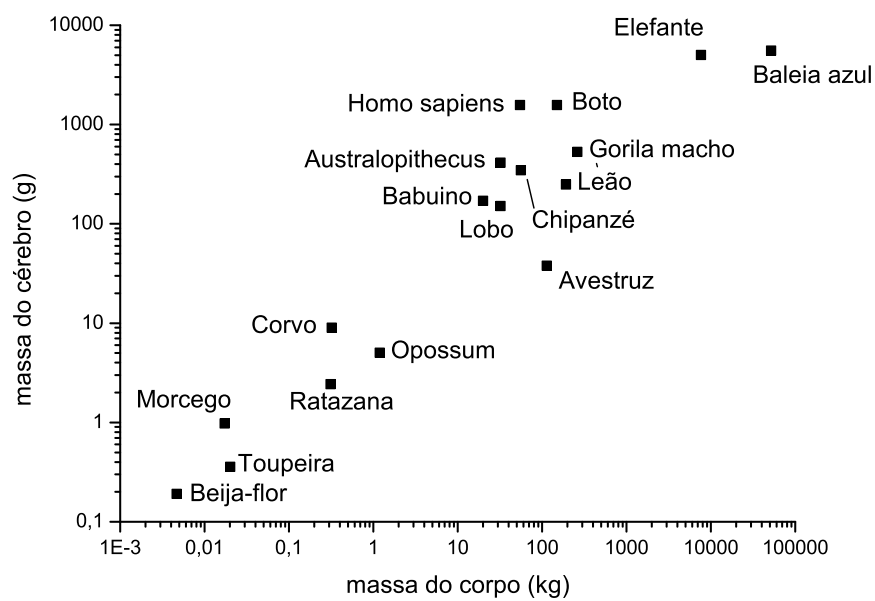


Figura 4.1: Valores médios de massa cerebral em função dos valores médios de massa corporal de alguns animais.  
 Original de Jerison, HJ, **Evolution of the Brain and Intelligence**, Academic Press, 1973, adaptado de  
<http://weber.ucsd.edu/~jmoore/courses/allometry/allometry.html>.