Física Experimental 2 - FEP114
Prova Final - 01/12/2010

Aluno:_____ _____ n° USP:_____

Professor:_____

Cada aluno pode consultar livremente o material de que dispõe.
A pontuação máxima desta prova soma 12,0. A duração é de 3 horas.
Devolver este carderno de questões juntamente com a folha de respostas.

1) A Tabela 1.1 se encontram os dados brutos das medições do comprimento, largura e espessura de uma placa metálica utilizando instrumentos de medida diferentes. O instrumento para medir o comprimento da chapa tem incerteza instrumentral 0,05 m, aquele para medir a largura tem incerteza instrumental é de 0,05 cm e o instrumento para medir a espessura tem incerteza instrumental de 0,005 mm.

Tabela 1.1: Valores obtidos para o comprimento, largura e espessura de uma placa metálica utilizando instrumentos de medida diferentes.

comprimento (m)	largura (cm)	espessura (mm)
3,45	58,65	4,605
3,50	58,60	4,615
3,45	58,70	4,610
3,60	58,65	4,610
3,55	58,60	4,615
3,60	58,60	4,605

(a) (1,0) Obtenha o comprimento, a largura e a espessura da placa.

(b) (0,5) Calcule o volume da placa.

(c) (0,5) Sabendo que a massa da placa é (3,30±0,02)kg, obtenha a densidade do material que a constitui.

(d) (0,5) Conhecendo os valores de referência da densidade do ferro, ρ_f=7,874g/cm^3, aço, ρ_a=7,86g/cm^3, e densidade do latão, ρ_l=8,40g/cm^3 a ρ_l=8,73g/cm^3, é possível afirmar de que materal a placa é feita. Dados obtidos do endereço http://pt.wikipedia.org/wiki.

2) Na Tabela 2.1 são fornecidos os valores $\Delta x_{i+0,5}$, $i = \{0, 1, 2, \ldots n\}$, tomados por um medidor B em um experimento de queda no ar referente a diferença entre a posição do objeto no tempo $t_i = i$·tic e o tempo $t_{i+1} = (i + 1)$·tic de tal forma que nenhuma posição é utilizada mais que uma vez para que não haja covariança dos dados. A incerteza dos valores de $\Delta x_{i+0,5}$ 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 0,26 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 $\Delta x_{calc(1)}$ 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, $R_{A(1)}$, obtidos no item (a) 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, $R_{A(2)}$, obtidos no item (d) no papel milimetrado da Figura 2.2 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=25tic?

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

t (tic)	Δx_{exp} (cm)	$\Delta x_{calc(1)}$ (cm)	$R_{A(1)}$ (cm)	$\Delta x_{calc(2)}$ (cm)	$R_{A(2)}$ (cm)
0 1	0,60				
2 3	1,09				
4 5	1,62				
6 7	2,21				
8 9	2,74				
10 11	3,29				
12 13	3,85				
14 15	4,37				
16 17	4,94				
18 19	5,48				
20 21	6,00				
22 23	6,59				
24 25	7,14				
26 27	7,67				
28 29	8,12				
30 31	8,71				

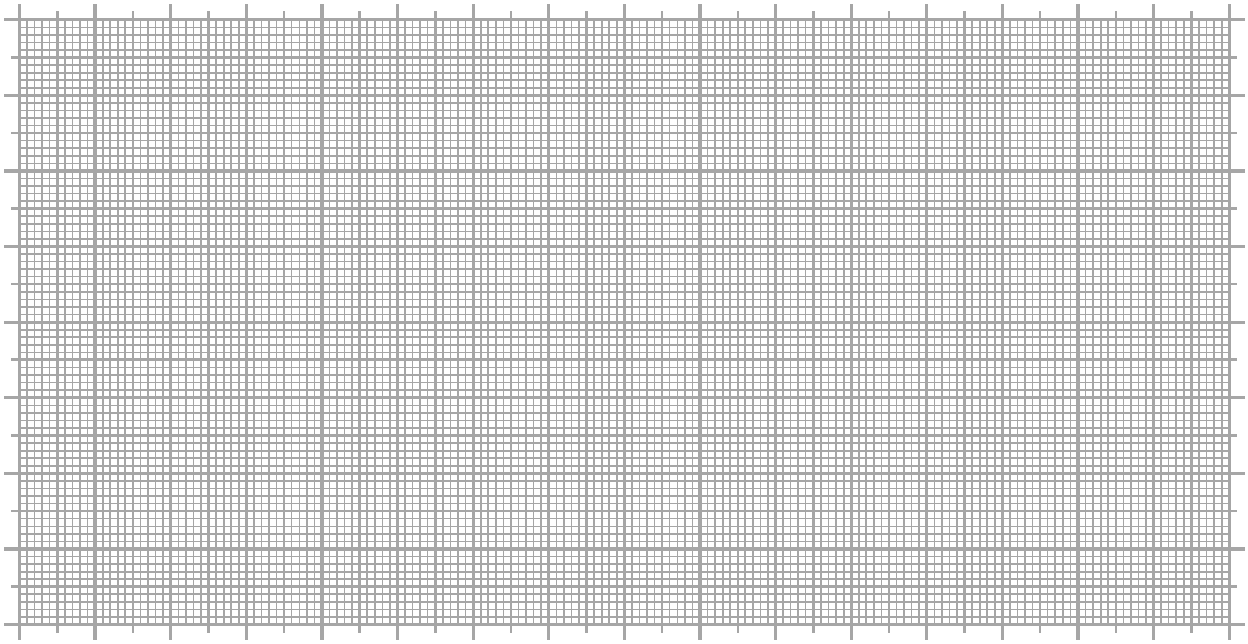

Figura 2.1: Resíduos $R_{A(1)}$ obtidos no item (a).

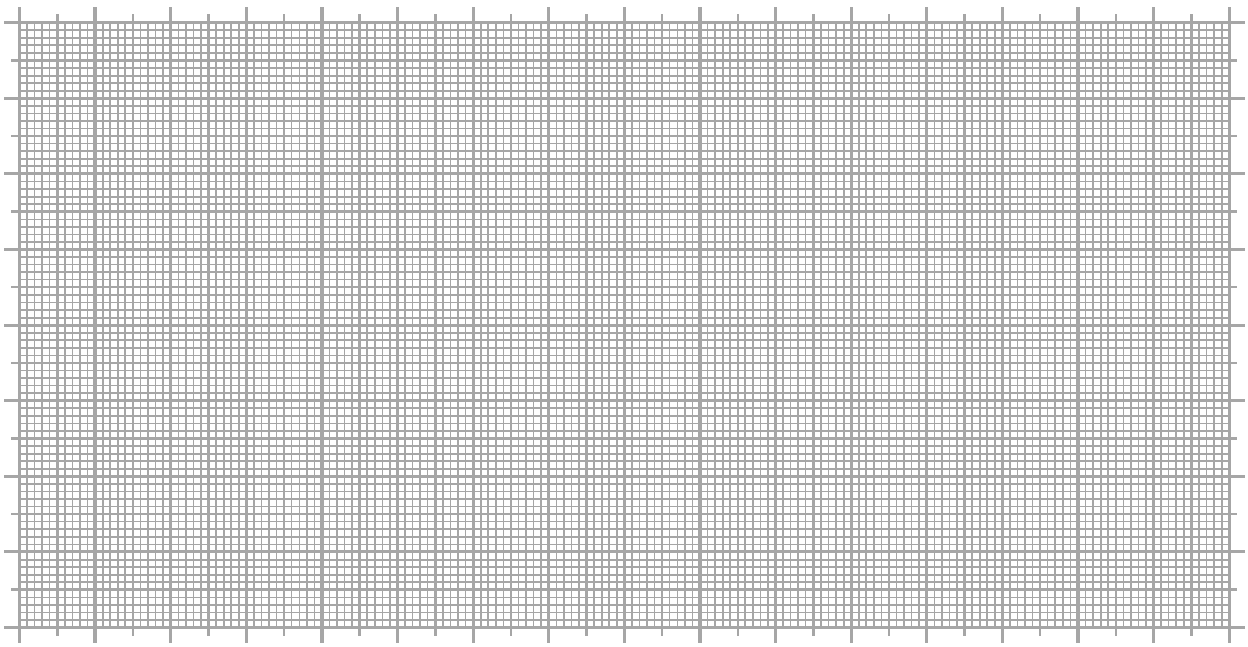

Figura 2.2: Resíduos $R_{A(2)}$ obtidos no item (d).

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 χ^2, avalie a qualidade do ajuste para os seguintes casos. Suponha que os dados foram ajustados a uma reta. Justifique.

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

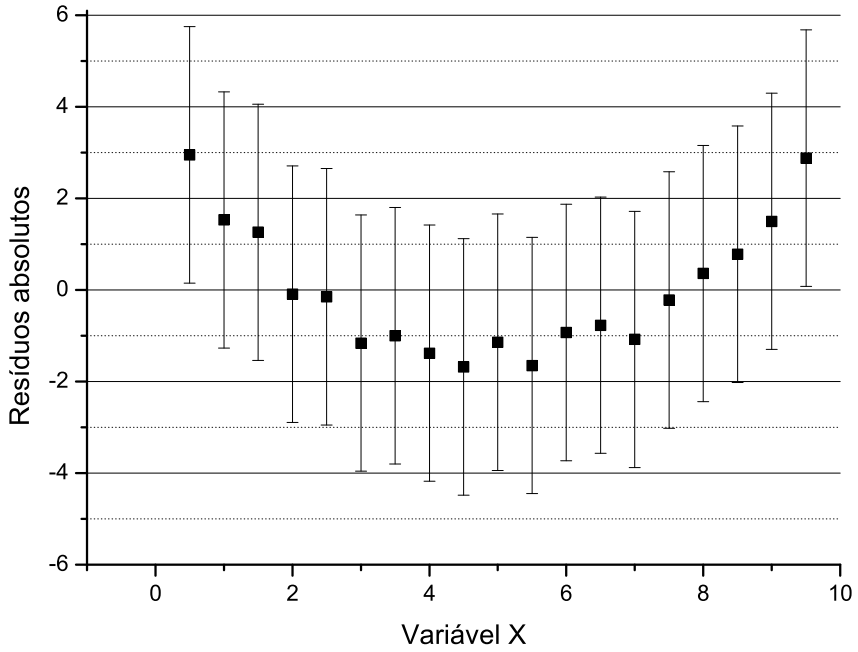

Figura 3.1: Resíduos absolutos de um ajuste onde $N = 19$ e $\chi^2 = 5$.

(b) (0,5) Dados referente a Figura 3.2: $N = 19$ e $\chi^2 = 20$.

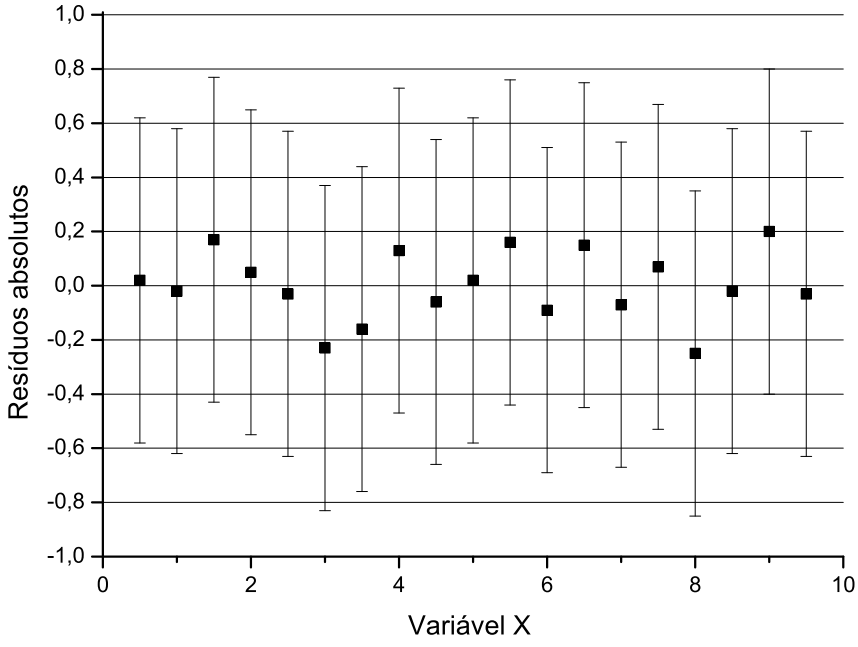

Figura 3.2: Resíduos absolutos de um ajuste onde $N = 19$ e $\chi^2 = 20$.

(c) (0,5) Dados referente a Figura 3.3: $N = 19$ e $\chi^2 = 178$.

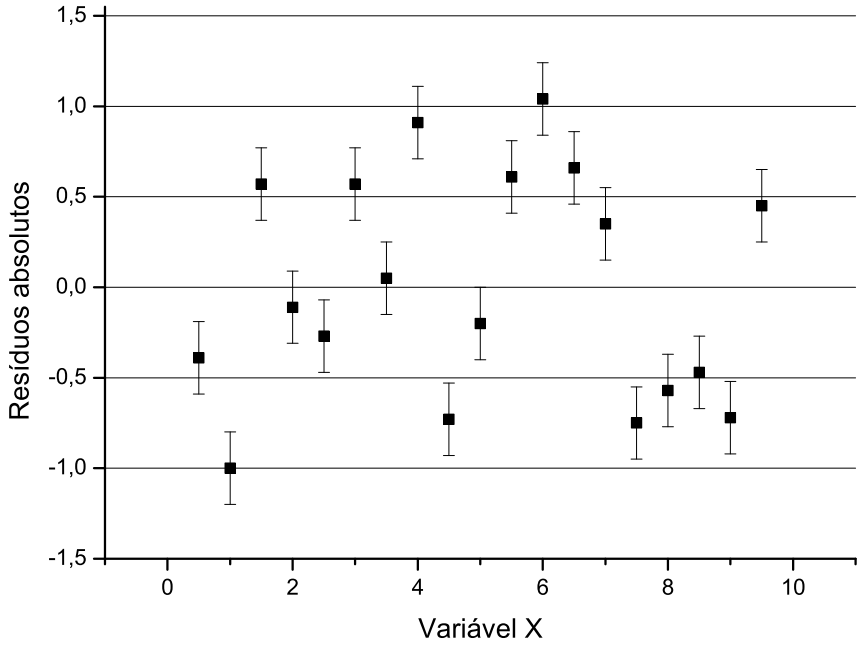

Figura 3.3: Resíduos absolutos de um ajuste onde $N = 19$ e $\chi^2 = 178$.

A partir dos resíduos absolutos, é possível estimar a incerteza de um instrumento. Sabendo disso, um aluno fez NOVE medições 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	$R_A = Y - Y_{calc}$
10	39,7	-0,40
20	45,3	0,25
30	50,1	0,13
40	55,2	0,33
50	59,7	-0,20
60	64,8	0,01
70	69,4	-0,34
80	75,1	0,43
90	79,4	-0,22

(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 3.4. Essa incerteza representa bem a flutuação dos dados? Justifique.

4) A Figura 4.1 apresenta a relação entre os valores médios da razão metabólica basal, RMB, e da massa do corpo, m_c de alguns animais. As incertezad são da ordem de 10%.

(a) (0,5) Trace no gráfico da Figura 4.1 a curva que representa a relação entre razão metabólica basal, RMB, e a massa do corpo, m_c.

(b) (1,0) Encontre a relação funcional entre as variáveis RMB e m_c utilizando os resultados do item (a), sem levar em conta as incertezas.

(c) (0,5) O que se pode concluir a partir do gráfico e da curva do item (b).

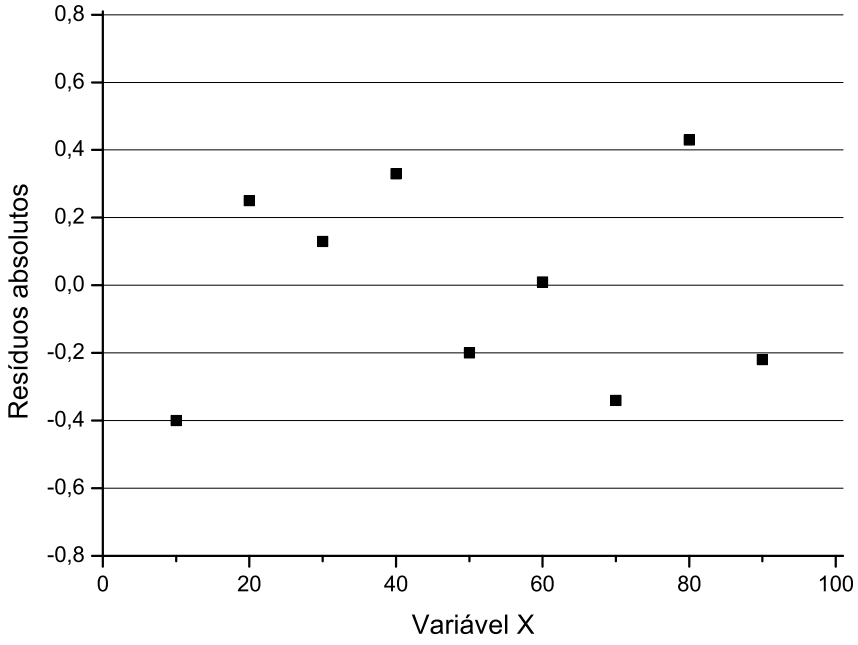

Figura 3.4: Resíduos absolutos de um ajuste aos dados da Tabela 3.1.

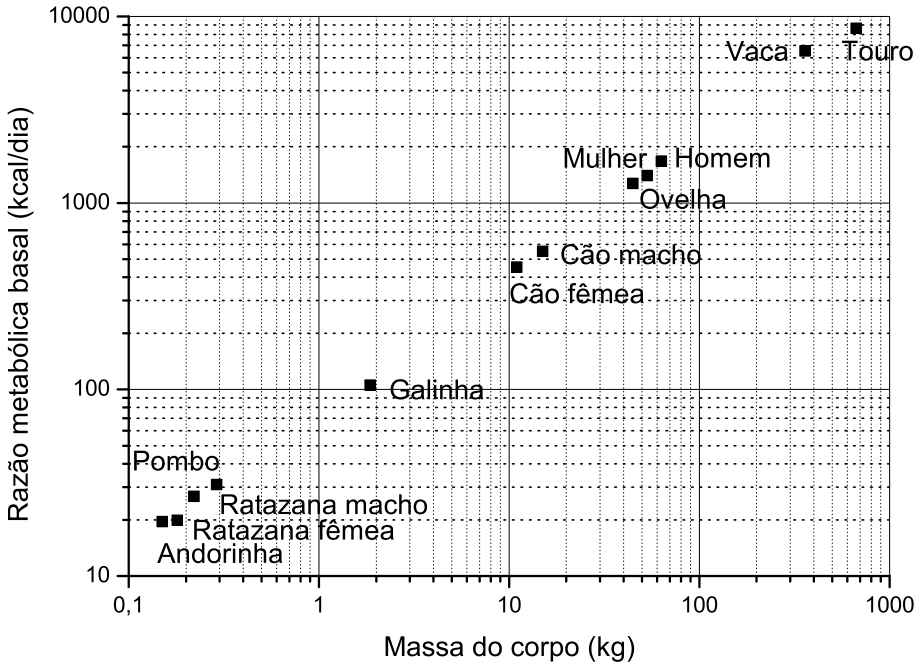

Figura 4.1: Gráfico original de Kleiber de 1932 da razão entre o metabolismo basal em relação a massa corporal de alguns mamíferos e aves. Adaptado de Geoffrey B. West e James H. Brown, *The origin of allometric scaling laws in biology from genomes to ecosystems: towards a quantitative unifying theory of biological structureand organization*, The Journal of Experimental Biology, **208** 1575-1592, 2005.