

Física Experimental 1 - FEP113

Prova Final - 28/06/2 006

Aluno: _____ nº USP: _____

*Cada aluno pode consultar livremente o material de que dispõe.
Note que a pontuação máxima desta prova soma 12,5 e que, por outro lado, o tempo é exíguo para completá-la, sugerindo que sejam feitas opções.
A duração da prova é de 3 horas.*

JUSTIFIQUE DETALHADAMENTE TODAS AS SUAS AFIRMAÇÕES

Questão 1: Cinco experimentadores (A, B, C, D e E) mediram com cronômetro 10 vezes o período de um pêndulo com $L = (50,60 \pm 0,05)$ cm, utilizando uma amplitude máxima de oscilação de $\theta = (10,0 \pm 0,5)^\circ$. Os valores médios obtidos para o período do pêndulo (tempo de uma oscilação) pelos cinco experimentadores e os desvios padrão das amostras são apresentados na Tabela 1.1. A incerteza instrumental do cronômetro é desprezível.

Experimentador	A	B	C	D	E
\bar{T} (s)	1,4321	1,4182	1,4273	1,4314	1,4241
s (s)	0,0031	0,0042	0,0064	0,0082	0,0079

Tabela 1.1: Resultados do período de um pêndulo com comprimento $L = (50,60 \pm 0,05)$ cm, observado por cinco experimentadores. São apresentados os valores médios e os desvios padrão amostrais de cada série de 10 medições.

- a) (1,0) Análise de compatibilidade dos resultados da Tabela 1.1: apresente um par de valores compatíveis e um par de valores não compatíveis.
- b) (1,0) Indique qual é o experimentador mais preciso e aquele que obteve o valor mais próximo do valor esperado segundo o modelo do pêndulo simples ($g = 9,786$ m/s²). Justifique suas respostas.
- c) (0,5) Identifique, utilizando a Figura 1.1, quais foram os experimentadores que realizaram as séries de medições correspondentes às curvas gaussianas (1) e (2).
- d) (1,5) Durante uma outra série de medições, utilizando o mesmo arranjo experimental no laboratório didático, mas com um valor diferente para o comprimento do fio, um dos experimentadores realizou 49 medições do período desse pêndulo. Os dados obtidos nessa outra série de medições estão apresentados na Figura 1.2. Analise o gráfico dessa figura e tente interpretar o comportamento dos dados obtidos. Discuta as evidências que apontem a existência de erros estatísticos e sistemáticos durante a tomada de dados. Que tipo de erro sistemático poderia ter ocorrido?

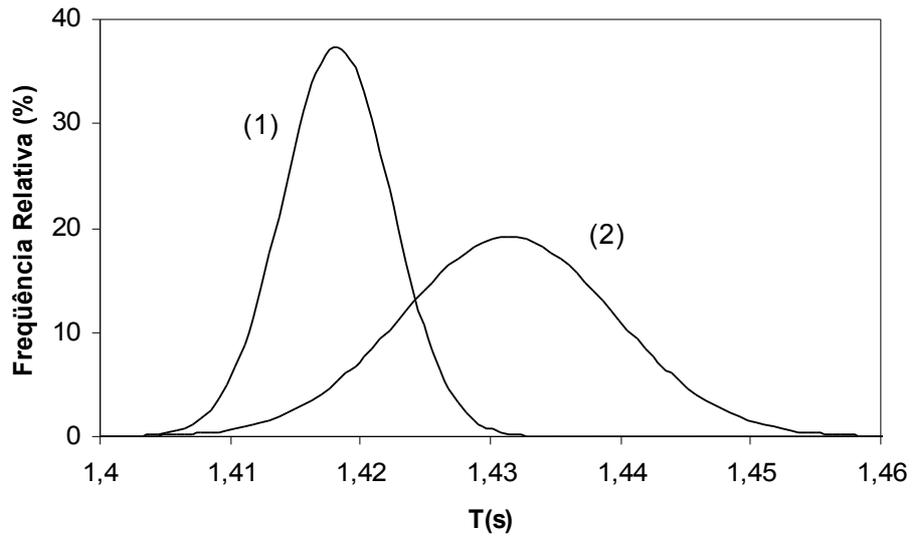


Figura 1.1: Curvas gaussianas representando duas das séries de medições realizadas pelos experimentadores.

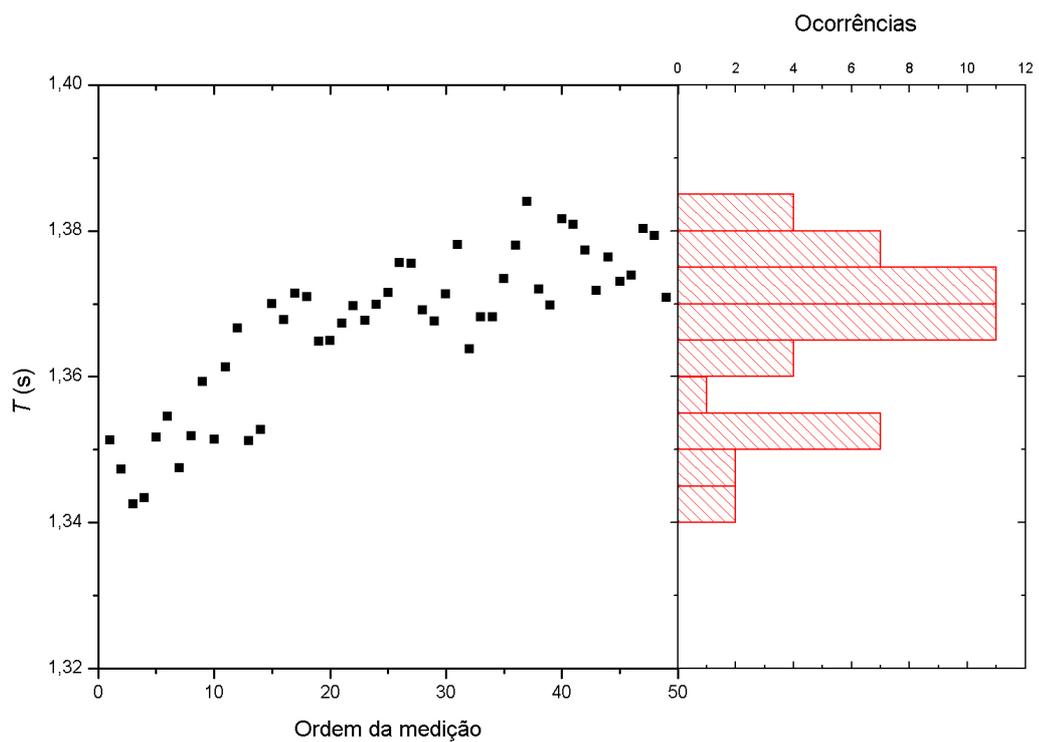


Figura 1.2: Períodos de um pêndulo durante uma tomada de dados de 49 repetições em função da ordem da medição. É apresentado também o histograma das medições realizadas.

Questão 2 – Em biomecânica são estudados os movimentos realizados por seres humanos nas mais diversas atividades. Em particular, o trabalho de R.M. Alexander¹ estudou as características do caminhar e do correr das pessoas. Observou-se que os movimentos envolvidos nos dois processos são bastantes distintos e têm padrões diferentes de consumo de energia. Verificou-se também, que existe uma velocidade de transição na qual uma pessoa pára de andar e começa a correr. A velocidade de transição medida para um adulto médio é de aproximadamente 2,5 m/s.

No trabalho, citado, também foi estudada a potência consumida, nas atividades de correr e de andar. O valor é obtido por meio de medidas de consumo de oxigênio e da produção de dióxido de carbono.

Para exemplificar, apresentamos nas Tabelas 2.1 e 2.2 os resultados obtidos para um único atleta, cujo consumo de potência foi medido ao correr sobre uma esteira. Os valores de velocidade têm incerteza desprezível, enquanto que o sistema que media o consumo de potência possui uma incerteza instrumental de 0,025 kW.

<i>Atividade</i>	<i>Velocidade (m/s)</i>	<i>Potência (kW)</i>
corrida	4,00	1,120
		1,172
		1,101
		1,149
		1,128

Tabela 2.1: Potência consumida por um atleta em 5 corridas a velocidade de 4,00 m/s. Considere neste caso que a incerteza na velocidade é desprezível

- a) (1,0) Encontre, partir da Tabela 2.1, o valor que representa a potência consumida para a corrida com velocidade de 4,00 m/s e complete a Tabela 2.2.

<i>Atividade</i>	<i>Velocidade (m/s)</i>	<i>Potência média (kW)</i>
corrida	2,00	0,63 ± 0,06
	3,00	0,87 ± 0,04
	4,00	
	5,00	1,38 ± 0,04
	5,60	1,56 ± 0,05

Tabela 2.2: Potência média consumida por um atleta correndo. A incerteza apresentada na potência já leva em consideração a incerteza instrumental do sistema de medida. Considere neste caso que a incerteza na velocidade é desprezível

- b) (1,5) Tomando como modelo que relaciona a potência média consumida (P) com a velocidade (v) a expressão $P = av$, foi construído o gráfico apresentado na Figura 2.1 utilizando os valores da Tabela 2.2. Inclua nesse gráfico o resultado para

¹ R.M. Alexander, *Walking and running*, American Scientist, vol. 72 n° 4 (1984) pág. 348.

$v = 4,00$ m/s, do atleta ao correr. Obtenha graficamente o coeficiente a dessa expressão. Complete os valores faltantes do cálculo de MMQ na Tabela 2.3 e obtenha o coeficiente a . Verifique a compatibilidade entre os valores obtidos para a .

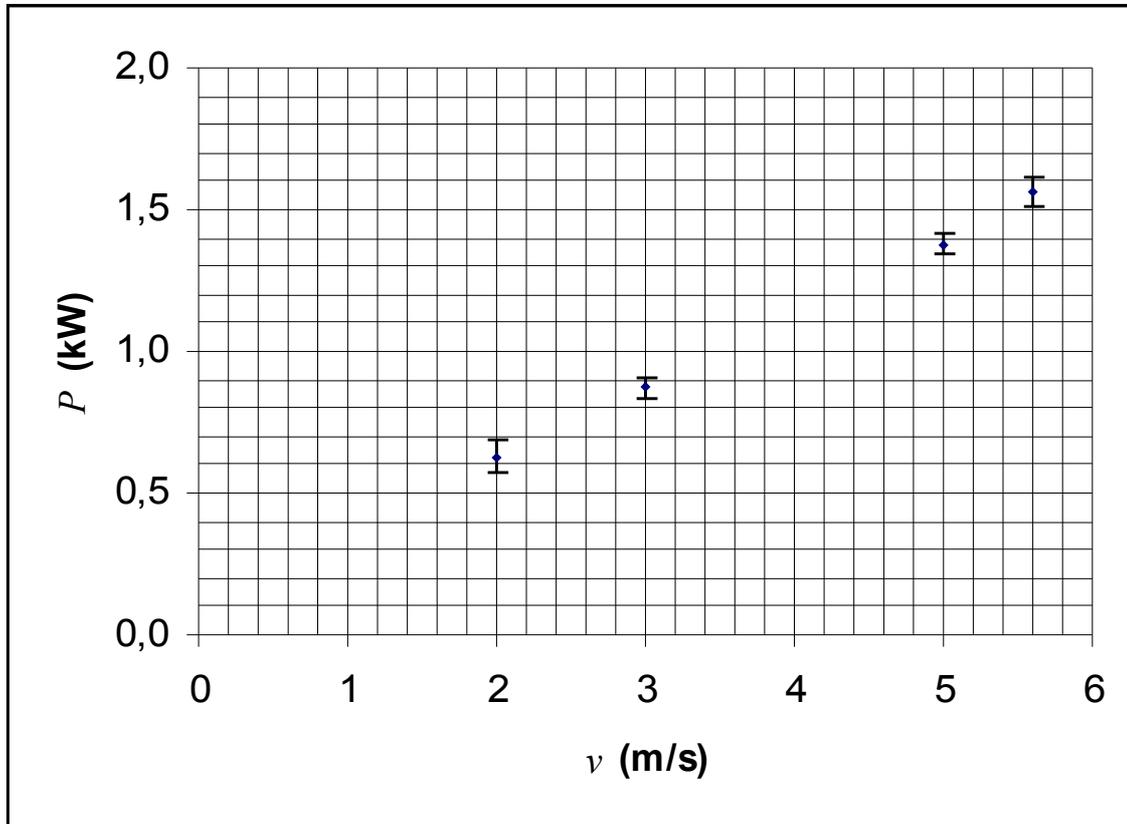


Figura 2.1: Potência consumida em função da velocidade para um atleta correndo.

Dados obtidos da Tabela 2.2.

- c) (0,5) Sabendo que a potência consumida pelo mesmo atleta caminhando a $2,50$ m/s é $(0,821 \pm 0,028)$ kW, discuta em que tipo de movimento (caminhada ou corrida) há maior consumo de potência para esse atleta a velocidade de $2,50$ m/s.
- d) (0,5) O atleta permanece 30 minutos a velocidade de $5,00$ m/s. Sabendo que 100 g de um bolo fornecem (1553 ± 35) kJ, calcule a quantidade de bolo que ele precisa ingerir para repor a energia despendida na atividade. (lembre-se que potência = energia/tempo)

x_i	y_i	s_i	$1/s_i^2$	x_i/s_i^2	x_i^2/s_i^2	y_i/s_i^2	$x_i y_i/s_i^2$
2,00	0,63	0,06	277,778	555,556	1111,111	175,000	
3,00	0,87	0,04	625,000	1875,000		543,750	1631,250
4,00							
5,00	1,38	0,04	625,000		15625,000	862,500	4312,500
5,60	1,56	0,05		2240,000	12544,000	624,000	3494,400
$\sum_{i=1}^N$	19,60						

Tabela 2:2: Cálculo do método de mínimos quadrados (MMQ) com o modelo $P = av$, onde P é a potência média consumida por um atleta correndo e v a sua velocidade, veja a Tabela 2.2. A incerteza apresentada na potência já leva em consideração a incerteza instrumental do sistema de medida e a incerteza na velocidade é desprezível.

Questão 3 –A potência P irradiada por um corpo, por unidade de área, depende essencialmente de sua temperatura T segundo o modelo $P = \alpha T^\beta$. A Tabela 3.1 apresenta os resultados de medições da potência irradiada por metro quadrado (P) em função da temperatura (T) em graus Kelvin (K), para um dado corpo.

$(T \pm 0,1) K$	$P \cdot 10 \left(\frac{W}{m^2} \right)$
110,0	$1,13 \pm 0,11$
160,4	$3,8 \pm 0,3$
200,2	$9,1 \pm 0,6$
259,7	$24,1 \pm 2,0$
350,5	88 ± 9

Tabela 3.1: Valores de potência irradiada por unidade de área $\left(\frac{W}{m^2} \right)$ por um corpo, em função da temperatura em Kelvin.

- (0,5) Linearize a expressão do modelo proposto.
- (1,5) Faça o gráfico dos dados apresentados na Tabela 3.1 em papel adequado.
- (2,5) Determine graficamente os coeficientes α e β caracterizam o modelo.
- (0,5) Estime a potência irradiada por um aluno que tenha uma superfície de aproximadamente de $2,0 \text{ m}^2$, supondo a temperatura corporal $T_{aluno} = (37,0 \pm 0,2) ^\circ\text{C} = (310,2 \pm 0,2) K$. Desconsidere no cálculo a incerteza no coeficiente β e na área.