

# Física Experimental II - FEP114

## Prova Final – 30/12/2 006

Aluno: \_\_\_\_\_ nº USP: \_\_\_\_\_

*Cada aluno pode consultar livremente o material de que dispõe.  
A pontuação máxima desta prova soma 12,5. A duração da prova é de 3 horas.*

### Questão 1)

Numa experiência de choque bidimensional dois discos metálicos, movendo-se sem atrito sobre uma superfície plana, sofrem uma colisão. As trajetórias destes discos estão registradas numa folha de papel especial por meio de um faiscador, fixo em cada disco, cuja frequência é de 60,000(2) Hz (ciclos por segundo). A partir destas trajetórias, foram medidas, com uma régua cuja menor divisão é 1mm, as distâncias entre as marcações do faiscador. As velocidades iniciais (antes da colisão) do primeiro disco e as finais (depois da colisão) dos dois discos são apresentadas na Tabela 1.1. Na Tabela 1.2 constam as distâncias percorridas  $\Delta x$  e os correspondentes intervalos de tempo para o segundo disco antes da colisão.

Tabela 1.1 - Massas e velocidades dos discos.

|   | Massa(g) | $v_{in}$ (cm/s) | $v_{fin}$ (cm/s) |
|---|----------|-----------------|------------------|
| 1 | 656(3)   | 69,18(30)       | 71,70(30)        |
| 2 | 1234(3)  |                 | 45,09(41)        |

Tabela 1.2 - Intervalos de tempo e distâncias percorridas pelo segundo disco antes da colisão.

| intervalo $\Delta t$<br>faísca <sub>in</sub> - faísca <sub>fin</sub> | $\Delta x$ (cm) |
|--|-----------------|
| 1 - 6  | 4,35            |
| 2 - 7  | 4,45            |
| 3 - 8  | 4,30            |
| 4 - 9  | 4,40            |
| 5 - 10   | 4,35            |

a)(1,0) Calcule a velocidade inicial do segundo disco e sua incerteza, explicando os critérios que você adotou neste cálculo.

b)(1,0) Determine a energia cinética inicial do sistema de dois discos e sua respectiva incerteza.

c)(0,5) Baseando-se no resultado do item b) e na informação de que a energia cinética final dos dois discos é  $2\,983(32)\cdot 10^3\text{ g(cm/s)}^2$ , discuta a natureza desta colisão; houve ou não conservação da energia, isto é, a colisão foi elástica ou inelástica. Justifique seus argumentos.

## Questão 2)

Considere o trecho abaixo, extraído de uma notícia divulgada na folha on-line do dia 07/11/2006.



07/11/2006 - 11h37

### Para Meirelles, queda na produção industrial não indica tendência.

IVONE PORTES  
da Folha Online

O presidente do Banco Central, Henrique Meirelles, disse hoje que o resultado da produção industrial divulgado hoje pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) é "pontual" e não indica tendência para o futuro.

A produção da indústria brasileira recuou 1,4% em setembro ante agosto. Em relação a setembro de 2005, houve alta de 1,3%.

Na tabela 2.1 estão expressos os indicadores de produção industrial dos trimestres de 2005 e de 2006. Todos sabemos que a economia não segue um padrão bem definido, sofrendo a influência de diversos fatores não modelados (como sazonalidades, crises, etc.) e, por isso, está sujeita a variações difíceis de serem previstas. No entanto, para analisar o pronunciamento do presidente do banco central, faremos uma análise simplificada supondo uma relação linear entre o trimestre e o indicador de produção industrial.

Tabela 2.1 – Dados do indicador de produção industrial do primeiro trimestre de 2005 ao terceiro trimestre de 2006.

| Ano  | Número do trimestre | Indicador de produção industrial* | Incerteza** |
|------|---------------------|-----------------------------------|-------------|
| 2005 | 1                   | 3,9                               | 0,5         |
|      | 2                   | 6,1                               | 0,5         |
|      | 3                   | 1,4                               | 0,5         |
|      | 4                   | 1,3                               | 0,5         |
| 2006 | 5                   | 4,6                               | 0,5         |
|      | 6                   | 0,9                               | 0,5         |
|      | 7                   | 2,7                               | 0,5         |

\* Fonte: IBGE (07/11/2006).

\*\* Incerteza estimada pelos professores.

a) (0,5) Complete os valores da tabela 2.2, referente ao ajuste pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), para os dados da tabela 2.1. (na tabela,  $x$  corresponde ao número do trimestre e  $y$  ao indicador de produção industrial correspondente).

Tabela 2.2 – Ajuste pelo método dos mínimos quadrados.

| Trimestre    | indicador | $\sigma_y$ | $1/\sigma^2$ | $x/\sigma^2$ | $x/\sigma^2$ | $y/\sigma^2$ | $xy/\sigma^2$ | Ajuste | Resíduo |
|--------------|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------|---------|
| 1            | 3,90      | 0,5        | 4            | 4            | 4            | 15,6         | 15,6          |        |         |
| 2            | 6,10      | 0,5        | 4            | 8            | 16           | 24,4         | 48,8          |        |         |
| 3            | 1,40      | 0,5        | 4            | 12           | 36           | 5,6          | 16,8          |        |         |
| 4            | 1,30      | 0,5        | 4            | 16           | 64           | 5,2          | 20,8          |        |         |
| 5            | 4,60      | 0,5        | 4            | 20           | 100          | 18,4         | 92            |        |         |
| 6            | 0,90      | 0,5        | 4            | 24           | 144          | 3,6          | 21,6          |        |         |
| 7            | 2,70      | 0,5        | 4            | 28           | 196          | 10,8         | 75,6          |        |         |
| <b>Somas</b> |           |            |              |              |              |              |               |        |         |

|            |  |
|------------|--|
| $\Delta$   |  |
| $a$        |  |
| $\sigma_a$ |  |
| $b$        |  |
| $\sigma_b$ |  |

b) (0,5) Coloque os dados da tabela 2.1 e a reta ajustada no item anterior no gráfico da figura 2.1.

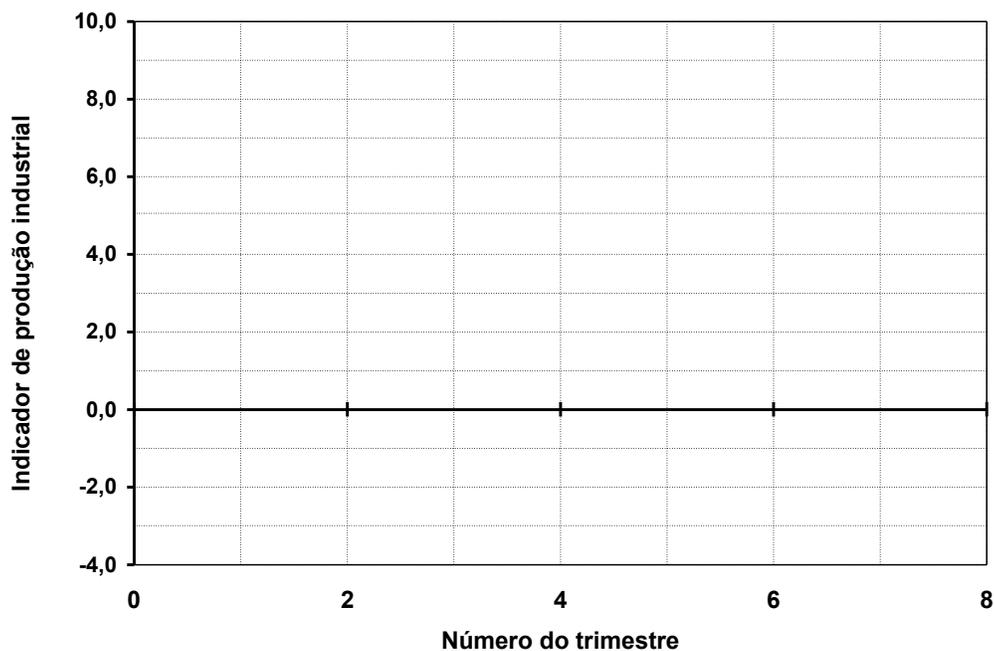


Figura 2.1 - Dados do indicador de produção industrial do primeiro trimestre de 2005 ao terceiro trimestre de 2006.

c) (0,5) Faça o gráfico dos resíduos na figura 2.2 , e através dele, analise e discuta a validade da suposição da relação linear para os dados.

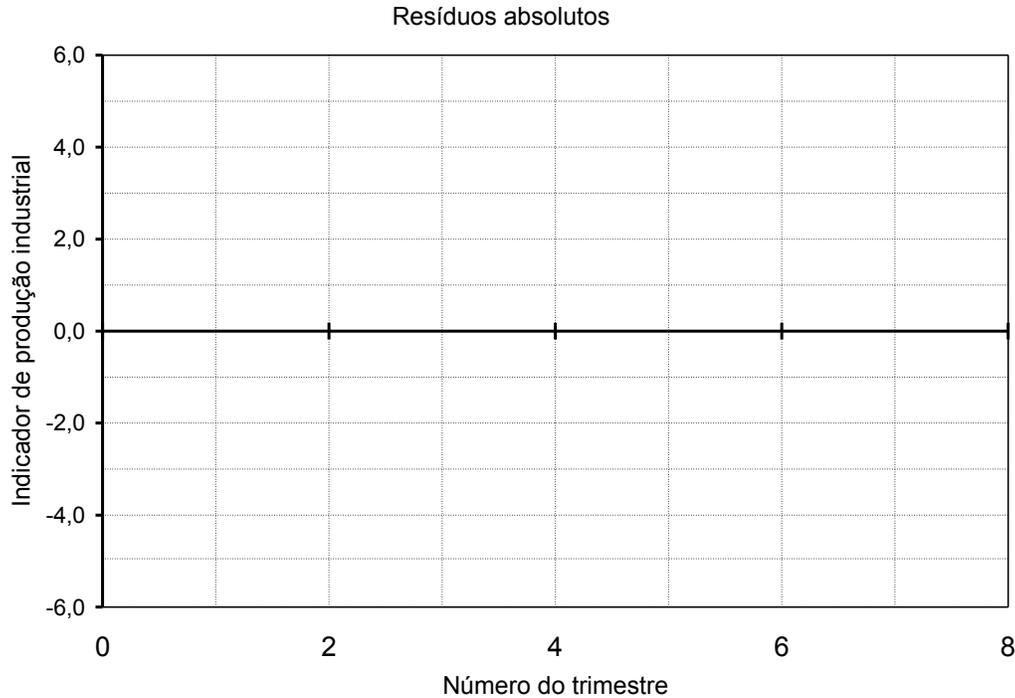


Figura 2.2 – Resíduos absolutos entre os dados do indicador de produção industrial do primeiro trimestre de 2005 ao terceiro trimestre de 2006 e a função ajustada.

d) (1,0) Calcule o  $\chi^2$ , flutuação estatística (ou estimativa da nova incerteza)

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum R^2}$$
 e discuta a estimativa da incerteza feita pelos professores.

e) (1,0) Em um ajuste do tipo  $y = a.x + b$ , quando os dados têm incertezas iguais, os parâmetros  $a$  e  $b$  não dependem da incerteza, mas os parâmetros  $\sigma_a$  e  $\sigma_b$  sim, e são dados por:

$$\sigma_a = \sigma_y \sqrt{\frac{n}{\Delta'}} \quad \text{e} \quad \sigma_b = \sigma_y \sqrt{\frac{\sum x^2}{\Delta'}} \quad , \quad \text{onde } \Delta' = \left( n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2 \right) .$$

Se a incerteza usada for estimada em 2,0; calcule os novos valores de  $\sigma_a$  e  $\sigma_b$ .

Dados:  $\sum x = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 = 28$  e

$$\sum x^2 = 1 + 4 + 9 + 16 + 25 + 36 + 49 = 140$$

f) (1,0) Faça uma previsão, usando os valores de  $a$  e de  $b$  obtidos no item a), para o valor do indicador de produção industrial para o próximo trimestre (trimestre de número 8 quarto trimestre de 2006) e, considerando os valores de  $\sigma_a$  e  $\sigma_b$  calculados no item d), por propagação determine a incerteza da sua previsão.

g) (0,5) Discuta a previsão feita no item anterior com relação à suposição de dependência linear entre o indicador da produção industrial e o número trimestre.

h) (0,5) Levando-se em conta cada uma das incertezas adotadas anteriormente (0,5 ou 2,0), discuta se é possível avaliar a existência de uma tendência dos dados do indicador de produção industrial.

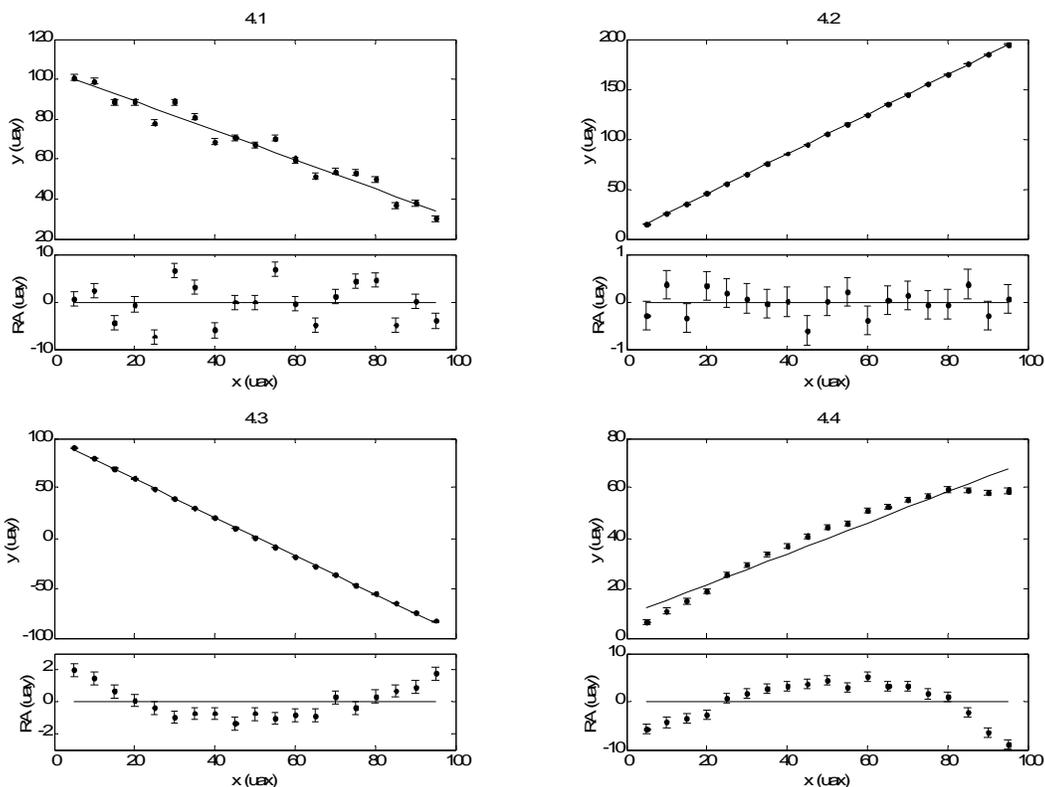
### Questão 3)

3.1) As Figuras 3.1 a 3.4 apresentam dados experimentais e as respectivas funções ajustadas, além dos resíduos absolutos correspondentes, conforme obtidos em análises de diversos experimentos. Para cada uma das análises responda:

(4×0,2) a) As incertezas apresentadas são adequadas (ou seja, se refletem as flutuações experimentais observadas)? Justifique.

(4×0,2) b) A relação funcional entre as grandezas é bem descrita pela função ajustada (ou seja, se o modelo parece adequado para os resultados experimentais)? Justifique.

(4×0,1) c) O qui-quadrado do ajuste comparado com o número de graus de liberdade é: semelhante; muito maior; ou muito menor do que o número de graus de liberdade? (Não é para calcular o qui-quadrado, apenas avaliá-lo qualitativamente) Justifique.



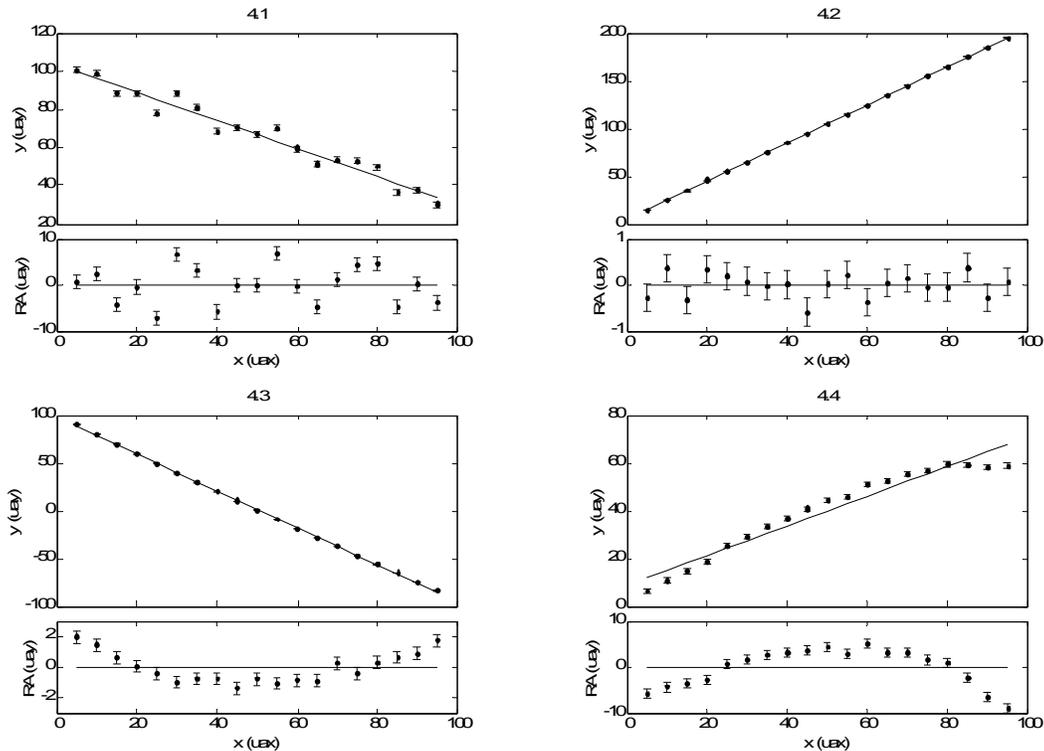
Figuras 3.1 a 3.4 – Dados e funções ajustadas com respectivos resíduos absolutos para diferentes resultados experimentais. Nos gráficos,  $u_{ax}$  e  $u_{ay}$  significam unidades arbitrárias das grandezas de  $x$  e  $y$ , respectivamente.

3.2) As Figuras 3.5 a 3.8 apresentam apenas os dados experimentais e as respectivas funções ajustadas obtidas em análises de diversos experimentos. Para cada uma das análises responda:

(4×0,2) a) As incertezas apresentadas são adequadas? Justifique.

(4×0,2) b) A relação funcional entre as grandezas é bem descrita pela função ajustada? Justifique.

(4×0,1) c) O qui-quadrado do ajuste comparado com o número de graus de liberdade é: semelhante; muito maior; ou muito menor do que o número de graus de liberdade? (Não é para calcular o qui-quadrado, apenas avaliá-lo qualitativamente) Justifique.



Figuras 3.5 a 3.8 – Dados e funções ajustadas para diferentes resultados experimentais. Nos gráficos, uax e uay significam unidades arbitrárias das grandezas de x e y, respectivamente.

(0,5) 3.3) Para quais dos ajustes (Figuras 3.1 a 3.8) é indispensável utilizar o gráfico de resíduos para fornecer as respostas solicitadas? Por que?