Proposta de resolução do Exame Nacional de Física e Química A – 1.ª Fase, versão 1

Prova de Exame Final Nacional do Ensino Secundário, Prova Escrita de Física e Química A, 11.º ano de escolaridade, 1.ª Fase, Instituto de Avaliação Educativa, IAVE, 27/junho/2022: https://iave.pt/wp-content/uploads/2022/06/EX-FQA715-F1-2022-V1_net.pdf

1.

1.1.

1.1.1. **(*)**

(D)

O gráfico da Figura 1 permite concluir que, entre 0 e t_4, ocorreu uma inversão no sentido do movimento do helicóptero.

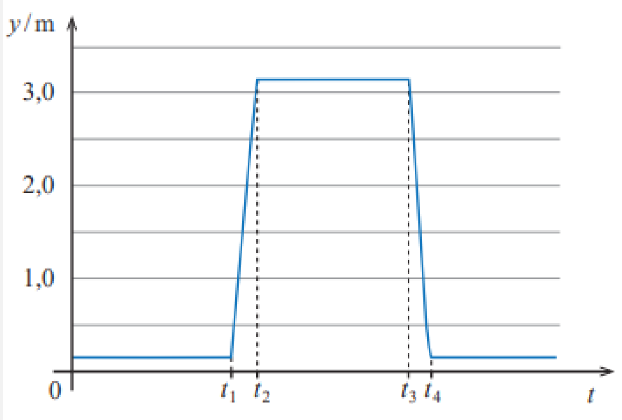


Figura 1

1.1.2.

(C)

Em Marte, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no helicóptero, no deslocamento entre a posição inicial e a altitude máxima, é -18 J.

Notas:

- A força gravítica é uma força conservativa, pelo que

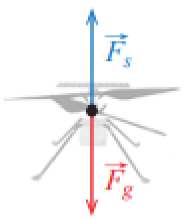
  $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{pg} \Rightarrow W_{\vec{F}_g} = -m\,g\,(h - h_0)$
- Assim,

  $$W_{\vec{F}_g} = -1{,}8\ \text{kg} \times \frac{10\ \text{m s}^{-2}}{3} \times 3{,}0\ \text{m} \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -18\ \text{J}$$

1.1.3. **(*)**

(B)

A opção que pode representar, na mesma escala, as forças que atuam no helicóptero: a força de sustentação gerada pela rotação das hélices, $\vec{F}_s$, e a força gravítica, $\vec{F}_g$ é



Notas:

- Se a velocidade é constante, a resultante das forças é nula.
- Uma vez que se considera que as únicas forças que atuam no helicóptero são $\vec{F}_g$ e $\vec{F}_s$, tem-se:

  $\vec{F}_g + \vec{F}_s = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F}_g = -\vec{F}_s$

1.2.

(C)

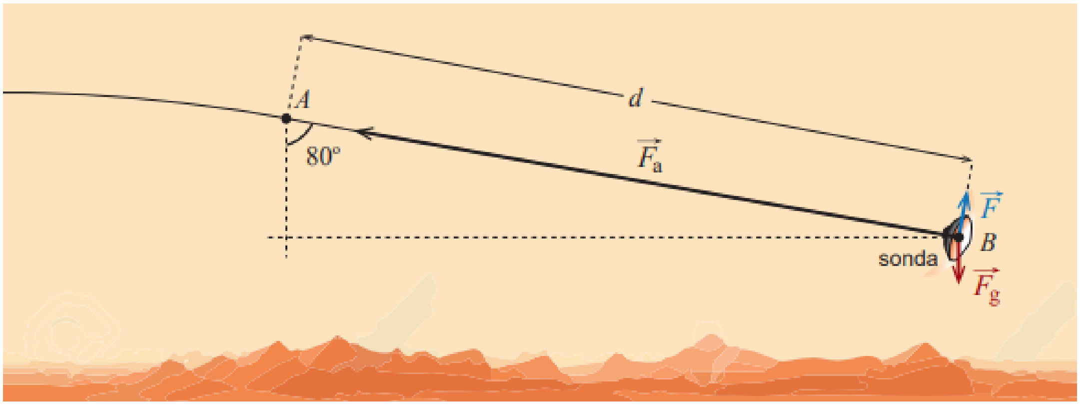
A expressão que permite calcular o módulo da velocidade de um ponto na extremidade de uma hélice do helicóptero é

$$v = \frac{2\,\pi \times 0{,}6 \times 2400}{60}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$$

Notas:

- Sendo a frequência, *f*, 2400 rotações /minuto, ou seja,
$$f = \frac{2400 \text{ rotações}}{60 \text{ segundos}}$$
- Sendo $v = \omega \times r$, em que ω é o módulo da velocidade angular, que está relacionado com o período, T, pela expressão seguinte $\omega = \frac{2\,\pi}{T}$, e r o raio da trajetória descrita por um ponto da extremidade da hélice (metade do diâmetro), vem:
$$v = \frac{2 \times \pi \times r}{T} = 2 \times \pi \times r \times f$$

1.3. **(*)**



- Cálculo da variação de energia cinética, ΔE_c:

$\Delta E_c = -0{,}55 \times E_{c0}$, com $E_{c0} = \frac{1}{2} m\, v_A^2$, em que m é a massa da sonda e v_A o módulo da velocidade em A.

Substituindo, vem:

$$\Delta E_c = -0{,}55 \times 1050\ \mathrm{kg} \times \frac{1}{2} \times \left(\frac{16\,500 \times 10^3}{3600}\ \mathrm{m\ s^{-1}}\right)^2 \Leftrightarrow \Delta E_c = -6{,}07 \times 10^9\ \mathrm{J}$$

- Expressão do trabalho realizado pela força gravítica (ou da variação de energia potencial gravítica do sistema sonda + Marte):

$W_{\vec{F}_g}^{A \to B} = -\Delta E_{pg}$, com $\Delta E_{pg} = m\, \frac{g}{3}\, (h_B - h_A)$, em que m é a massa da sonda, g a aceleração da gravidade à superfície da Terra.

O desnível entre as posições A e B, $h_A - h_B$, relaciona-se com a distância percorrida pela expressão $h_A - h_B = d \cos 80°$

Assim,

$$W_{\vec{F}_g}^{A \to B} = m\, \frac{g}{3}\, d \cos 80° \longrightarrow W_{\vec{F}_g}^{A \to B} = 1050\ \mathrm{kg} \times \frac{10\ \mathrm{m\ s^{-2}}}{3} \times d \times \cos 80°$$

- Expressão do trabalho realizado pela força de arrasto, $\vec{F}_a$, considerada constante:

$$W_{\vec{F}_a}^{A \to B} = F_a \times d \times \cos 180° \longrightarrow W_{\vec{F}_a}^{A \to B} = 30 \times m\, \frac{g}{3} \times d \times \cos 180°$$

$$W_{\vec{F}_a}^{A\to B} = -30 \times 1050 \text{ kg} \times \frac{10 \text{ m s}^{-2}}{3} \times d$$

- Determinação de d usando o Teorema da Energia Cinética:

$$\sum W = \Delta E_c$$

$$W_{\vec{F}_g}^{A\to B} + W_{\vec{F}_a}^{A\to B} + W_{\vec{F}}^{A\to B} = \Delta E_c$$

Uma vez que $W_{\vec{F}}^{A\to B}$ é nulo, pois a força $\vec{F}$ é perpendicular à velocidade, temos:

$$1050 \text{ kg} \times \frac{10 \text{ m s}^{-2}}{3} \times d \times \cos 80° + \left(-30 \times 1050 \text{ kg} \times \frac{10 \text{ m s}^{-2}}{3}\right) \times d = -6{,}07 \times 10^9 \text{ J} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow\ d = 5{,}8 \times 10^4 \text{ m} \qquad (d = 58 \text{ km})$$

OU

- Determinação do módulo da aceleração (considerada constante), usando a Lei Fundamental da Dinâmica:

$$m \times a = F_a - F_g \times \cos 80° \xrightarrow{F_a = 30 \times F_g} m \times a = 30 \times m \times \frac{g}{3} - m \times \frac{g}{3} \times \cos 80° \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{g}{3} \times (1 - \cos 80°) \longrightarrow a = \frac{10 \text{ m s}^{-2}}{3} \times (30 - \cos 80°) \Leftrightarrow a = 99{,}4 \text{ m s}^{-2}$$

- Cálculo do módulo da velocidades em cada uma das posições A e B:

$$v_A = \frac{16\,500 \times 10^3}{3600} \text{ m s}^{-1} \Leftrightarrow v_A = 4583{,}3 \text{ m s}^{-1} \left(\text{e } v_A^2 = 2{,}1007 \times 10^7 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}\right)$$

$$E_{cB} = 0{,}45 \times E_{cA} \Rightarrow \frac{1}{2} m\, v_B^2 = 0{,}45 \times \frac{1}{2} m\, v_A^2 \Leftrightarrow v_B^2 = 0{,}45 \times v_A^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_B^2 = 9{,}4531 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \Leftrightarrow v_B = 3074{,}6 \text{ m s}^{-1}$$

- Dedução da expressão $v_B^2 = v_A^2 - 2\,a\,d$:

Admitindo que o movimento é retilíneo uniformemente retardado, no sentido positivo, tem-se:

$$\begin{cases} v_B = v_A - a\,t \\ d = v_A\,t - \frac{1}{2} a\,t^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = \frac{v_A - v_B}{a} \\ d = v_A \left(\frac{v_A - v_B}{a}\right) - \frac{1}{2} a \left(\frac{v_A - v_B}{a}\right)^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = \frac{v_A - v_B}{a} \\ v_B^2 = v_A^2 - 2\,a\,d \end{cases}$$

- Substituição e cálculo de d

$$9{,}4531 \times 10^6 = 2{,}1007 \times 10^7 - 2 \times 99{,}4 \times d \text{ (SI)} \Leftrightarrow d = 5{,}8 \times 10^4 \text{ m}$$

5.

5.2. **(*)**

- Cálculo da energia necessária, E_1, para que, à pressão atmosférica normal, a temperatura da água do lago se eleve de 18,0 °C para 100,0 °C (considerada o ponto de ebulição):

  $E_1 = c \times m \times \Delta\theta$, em que c é a capacidade térmica mássica da água do lago, m a massa da água do lago e $\Delta\theta$ a variação de temperatura.

  Admite-se que,

  – durante o processo, a porção de água do lago que se evapora é desprezável;

  – a capacidade térmica mássica da água do lago é a da água líquida e que permanece constante nesse intervalo de temperaturas;

  – a 18,0 °C, a densidade da água do lago é $1{,}00\ \mathrm{g\ cm^{-3}}$ $(1{,}00 \times 10^3\ \mathrm{kg\ m^{-3}})$

  A massa da água do lago obtém-se usando a equação de definição de densidade. Assim,

  $$\rho = \frac{m}{V} \longrightarrow 1{,}00 \times 10^3\ \mathrm{kg\ m^{-3}} = \frac{m}{5{,}940 \times 10^4\ \mathrm{m^3}} \Leftrightarrow m = 5{,}940 \times 10^7\ \mathrm{kg}$$

  Substituindo, vem:

  $$E_1 = 4{,}18 \times 10^3\ \mathrm{J\ kg^{-1}\ ^\circ C^{-1}} \times 5{,}940 \times 10^7\ \mathrm{kg} \times (100{,}0 - 18{,}0)\ ^\circ\mathrm{C} \Leftrightarrow E_1 = 2{,}036 \times 10^{13}\ \mathrm{J}$$

- Cálculo da energia necessária, E_2, para que, à pressão atmosférica normal, a água do lago passe do estado líquido para o estado gasoso:

  $E_2 = m \times \Delta h_{\text{vaporização}}$, em que m a massa da água do lago e $\Delta h_{\text{vaporização}}$ a variação de entalpia de vaporização

  Substituindo, vem:

  $$E_2 = 5{,}940 \times 10^7\ \mathrm{kg} \times 2{,}26 \times 10^6\ \mathrm{J\ kg^{-1}} \Leftrightarrow E_2 = 1{,}342 \times 10^{14}\ \mathrm{J}$$

- Cálculo da energia total, E_{total}, envolvida no processo:

  $$E_{\text{total}} = E_1 + E_2 \longrightarrow E_{\text{total}} = 2{,}036 \times 10^{13}\ \mathrm{J} + 1{,}342 \times 10^{14}\ \mathrm{J} \Leftrightarrow E_{\text{total}} = 1{,}55 \times 10^{14}\ \mathrm{J}$$

5.4.

(C)
A velocidade de propagação das ondas S é $4{,}7\ \mathrm{km\ s^{-1}}$

Notas:

- A velocidade de propagação das ondas sísmicas num meio homogéneo é calculada usando a expressão

  $$v = \frac{d}{\Delta t}$$

- Considerando as ondas longitudinais, P, temos:

  $$v_\mathrm{P} = \frac{d}{\Delta t_\mathrm{P}} \longrightarrow 8{,}0\ \mathrm{km\ s^{-1}} = \frac{3220\ \mathrm{km}}{\Delta t_\mathrm{P}} \Leftrightarrow \Delta t_\mathrm{P} = 402{,}5\ \mathrm{s}$$

- Logo, $\Delta t_\mathrm{S} = 402{,}5\ \mathrm{s} + 4{,}8 \times 60\ \mathrm{s} \Leftrightarrow \Delta t_\mathrm{S} = 690{,}5\ \mathrm{s}$

- Assim, a velocidade de propagação das ondas transversais, P, é

  $$v_\mathrm{S} = \frac{d}{\Delta t_\mathrm{S}} \longrightarrow v_\mathrm{S} = \frac{3220\ \mathrm{km}}{690{,}5\ \mathrm{s}} \Leftrightarrow v_\mathrm{S} = 4{,}7\ \mathrm{km\ s^{-1}}$$

6.

6.1. **(*)**

- Considerando que o som da pedra a bater na água é ouvido 3,0 s depois de a pedra ser largada, tem-se:

  $t_{\text{queda pedra}} + t_{\text{som}} = 3{,}0\ \text{s} \quad (\text{eq. }1)$

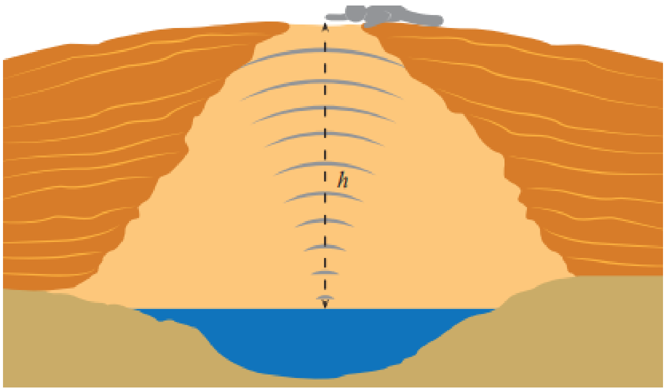


Figura 5

- Considerando o movimento de queda da pedra retilíneo uniformemente acelerado, a altura de queda está relacionada com o tempo de queda da pedra pela equação:

  $h = \frac{1}{2}\, g\, t^2_{\text{queda pedra}} \quad (\text{eq. }2)$

- Sendo a velocidade de propagação do som no ar constante, a altura de queda da pedra pode relacionar-se com t_{som} pela equação:

  $h = v_{\text{som}} \times t_{\text{som}} \quad (\text{eq. }3)$

- Assim, comparando as equações $(\text{eq. }2)$ e $(\text{eq. }3)$, temos:

  $\frac{1}{2}\, g\, t^2_{\text{queda pedra}} = v_{\text{som}} \times t_{\text{som}} \quad (\text{eq. }4)$

- Considerando a equação $(\text{eq. }1)$, obtém-se:

  $\frac{1}{2}\, g\, t^2_{\text{queda pedra}} = v_{\text{som}} \times (3{,}0\ \text{s} - t_{\text{queda pedra}})$

- Substituindo, fica:

  $\frac{1}{2} \times 10 \times t^2_{\text{queda pedra}} = 340 \times (3{,}0 - t_{\text{queda pedra}}) \Leftrightarrow t_{\text{queda pedra}} = -34 + 4\sqrt{85}\ (\text{SI})$

  Ou

  $\frac{1}{2} \times 10 \times t^2_{\text{queda pedra}} = 340 \times (3{,}0 - t_{\text{queda pedra}}) \Leftrightarrow t_{\text{queda pedra}} = 2{,}88\ \text{s}$

- Assim,

  $t_{\text{som}} = 3{,}0 - t_{\text{queda pedra}} \longrightarrow t_{\text{som}} = 3{,}0 - (-34 + 4\sqrt{85})\ (\text{SI})$

  Ou

  $t_{\text{som}} = 3{,}0\ \text{s} - t_{\text{queda pedra}} \longrightarrow t_{\text{som}} = 3{,}0\ \text{s} - 2{,}88\ \text{s} \Leftrightarrow t_{\text{som}} = 0{,}12\ \text{s}$

- Assim determinando o quociente entre $t_{\text{queda pedra}}$ e t_{som}, temos:

  $$\frac{t_{\text{queda pedra}}}{t_{\text{som}}} = \frac{-34 + 4\sqrt{85}}{37 - 4\sqrt{85}} \Leftrightarrow \frac{t_{\text{queda pedra}}}{t_{\text{som}}} = 23{,}6 \Rightarrow \frac{t_{\text{queda pedra}}}{t_{\text{som}}} = 24$$

  Ou

  $$\frac{t_{\text{queda pedra}}}{t_{\text{som}}} = \frac{2{,}88\ \text{s}}{0{,}12\ \text{s}} \Leftrightarrow \frac{t_{\text{queda pedra}}}{t_{\text{som}}} = 24$$

6.2.

(C)

A onda que se propaga na água tem uma frequência de 1,7 Hz.

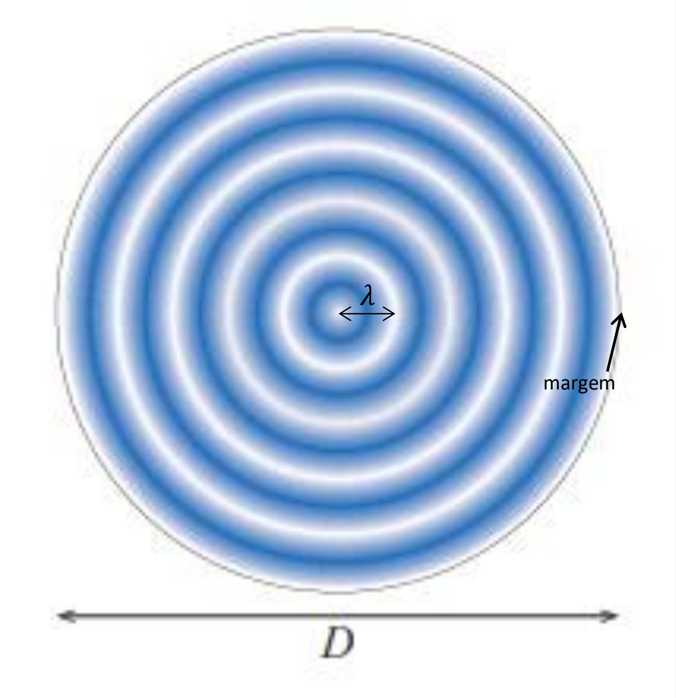


Figura 6

Notas:

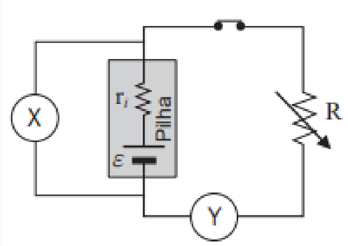
- Cálculo do comprimento de onda:
  $D = 10 \times \lambda \longrightarrow 3{,}0 \text{ m} = 10 \times \lambda \Leftrightarrow \lambda = 0{,}30 \text{ m}$
- Cálculo da velocidade de propagação da onda na água:
  $$v = \frac{\frac{D}{2}}{\Delta t} \longrightarrow c = \frac{\frac{3{,}0}{2} \text{ m}}{3{,}0 \text{ s}} \Leftrightarrow v = 0{,}50 \text{ m s}^{-1}$$
- Cálculo da frequência:
  $v = \lambda \times f \longrightarrow 0{,}50 \text{ m s}^{-1} = 0{,}30 \text{ m} \times f \Leftrightarrow f = 1{,}7 \text{ Hz}$

7.

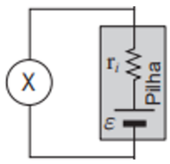
7.1. **(*)**

(A)

O voltímetro é o aparelho de medida representado por X e está instalado em paralelo com a pilha.



7.2. **(*)**



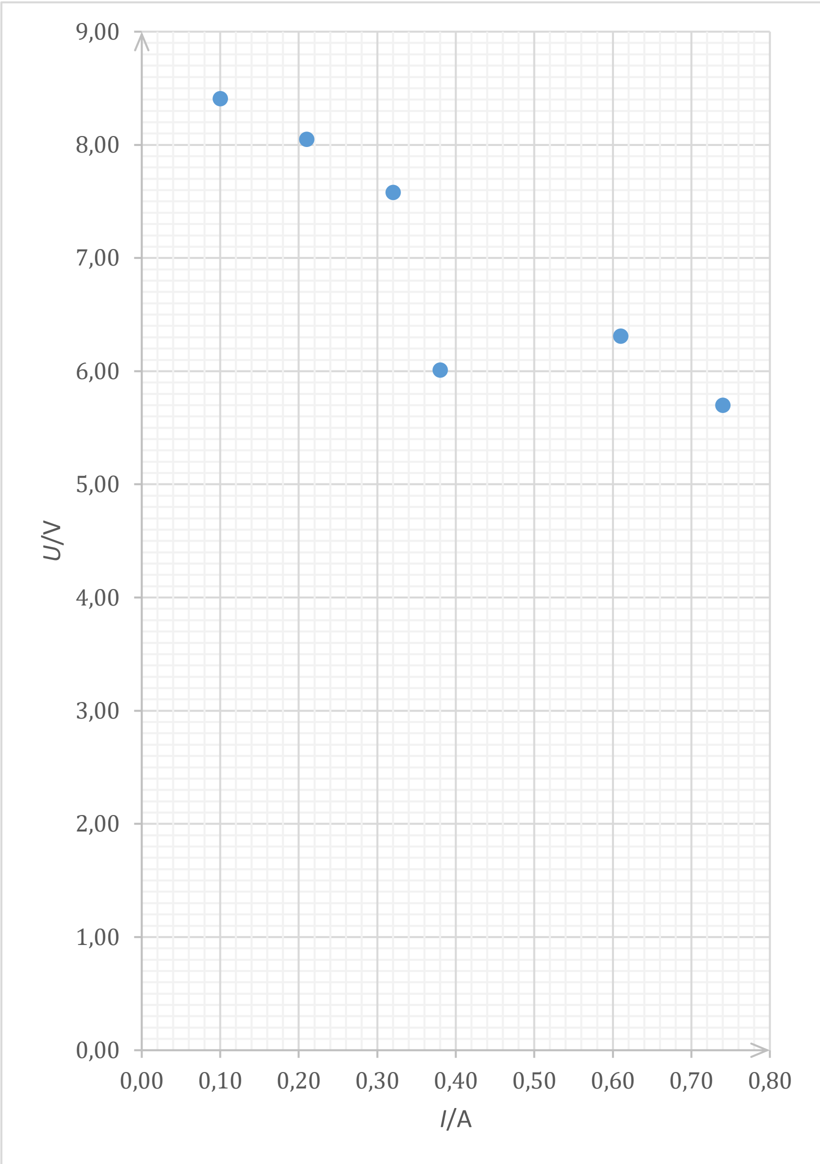
- A força eletromotriz da pilha pode ser determinada instalando (em série) um voltímetro, X, nos seus terminais, conforme se ilustra na figura ao lado, e fazendo a leitura do valor no voltímetro — uma medição direta.
- A força eletromotriz é a diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha em circuito aberto.
- Como a resistência interna do voltímetro é muito elevada (há voltímetros com uma resistência interna de aproximadamente 10 MΩ) quando comparada com a resistência interna da pilha de 9 V, o valor da corrente elétrica que percorre o circuito assim

constituído é muito baixa, $I \approx 0$ A (uma corrente elétrica de aproximadamente 1 μA é desprezável quando comparada com os valores apresentados na tabela do item 7.3.).

- Como a diferença de potencial elétrico nos terminais de uma pilha é dada pela expressão $U = \varepsilon - r\, I$, nessas condições $U \approx \varepsilon$.
- Assim, o valor lido diretamente nos terminais do voltímetro constitui uma boa aproximação para a força eletromotriz da pilha.

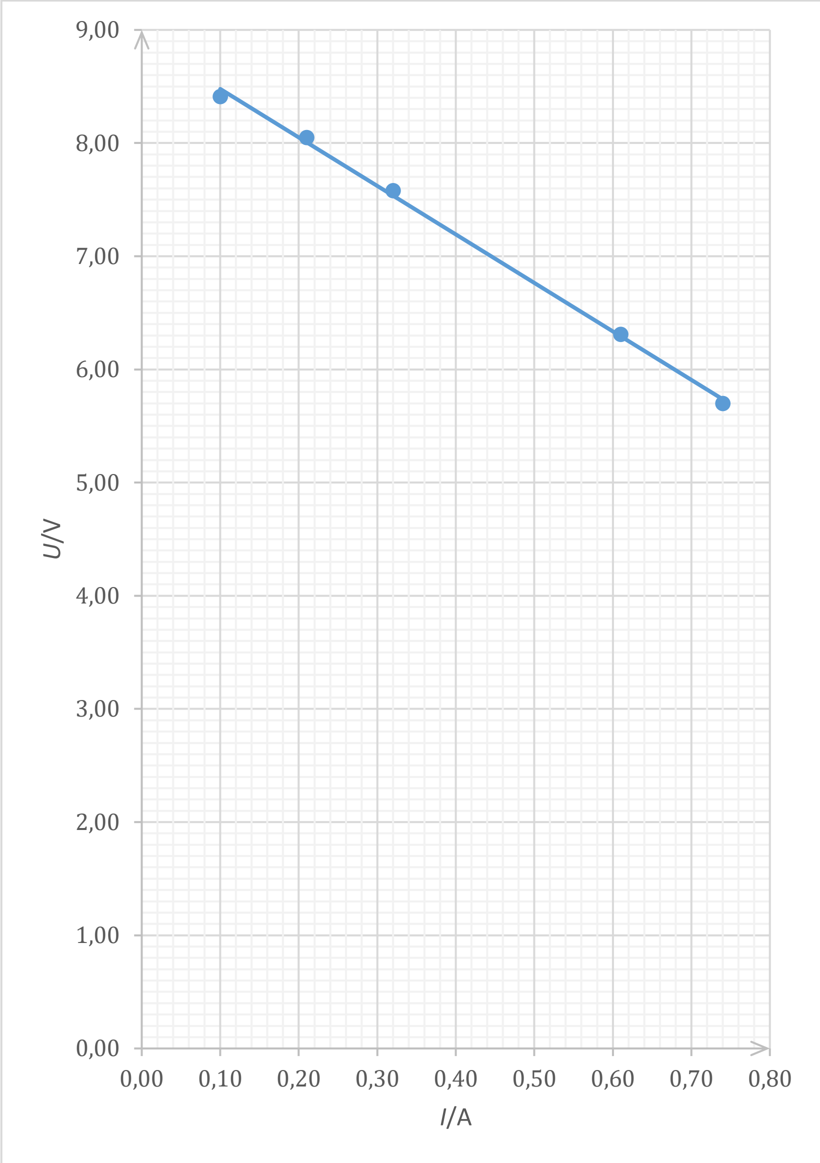
7.3. **(*)**

- O gráfico correspondente aos seis ensaios:



- Pelo gráfico, podemos verificar que o ensaio que deve ser eliminado é o 4.º, ao qual corresponde o par de valores (0,38 A; 6,01 V), que se afasta da relação linear encontrada.

- O gráfico correspondente aos 1.º, 2.º, 3.º, 5.º e 6.º ensaios:



- Apresentação da equação da linha de ajuste ao gráfico:

  A equação da linha de ajuste é $U = 8{,}91 - 4{,}3\ I$ (SI)

- Características da pilha:

  As características de uma pilha são: a força eletromotriz (diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha em circuito aberto) e a resistência interna

  A diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha é dada por: $U = \varepsilon - r\ I$

  $$U = 8{,}91 - 4{,}3\ I\ \text{(SI)}$$

  Assim,

  $\varepsilon = 8{,}9$ V (com dois algarismos significativos, conforme o solicitado)

  $r = 4{,}3\ \Omega$