



FÍSICA

Essa prova aborda fenômenos físicos relacionados com grandes avanços científicos e tecnológicos da Humanidade. Algumas questões, em particular as que tratam de Física Moderna, apresentam as fórmulas necessárias para a resolução da questão no próprio enunciado. Leia com atenção.

1

Os avanços tecnológicos nos meios de transporte reduziram de forma significativa o tempo de viagem ao redor do mundo. Em 2008 foram comemorados os 100 anos da chegada em Santos do navio *Kasato Maru*, que, partindo de Tóquio, trouxe ao Brasil os primeiros imigrantes japoneses. A viagem durou cerca de 50 dias. Atualmente, uma viagem de avião entre São Paulo e Tóquio dura em média 24 horas. A velocidade escalar média de um avião comercial no trecho São Paulo-Tóquio é de 800 km/h.

- a) O comprimento da trajetória realizada pelo *Kasato Maru* é igual a aproximadamente duas vezes o comprimento da trajetória do avião no trecho São Paulo-Tóquio. Calcule a velocidade escalar média do navio em sua viagem ao Brasil.
- b) A conquista espacial possibilitou uma viagem do homem à Lua realizada em poucos dias e proporcionou a máxima velocidade de deslocamento que um ser humano já experimentou. Considere um foguete subindo com uma aceleração resultante constante de módulo $a_R = 10 \text{ m/s}^2$ e calcule o tempo que o foguete leva para percorrer uma distância de 800 km, a partir do repouso.

Resolução

$$\text{a) 1) } V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 800 = \frac{d_1}{24} \Rightarrow d_1 = 19200 \text{ km}$$

$$2) d_2 = 2d_1 = 38400 \text{ km}$$

$$3) V'_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{38400 \text{ km}}{50 \cdot 24 \text{ h}} \Rightarrow V'_m = 32 \text{ km/h}$$

$$\text{b) } \Delta s = V_0 t + \frac{\gamma}{2} t^2 \text{ (MUV)}$$

$$800 \cdot 10^3 = \frac{10}{2} T^2$$

$$T^2 = 16 \cdot 10^4 \Rightarrow T = 4,0 \cdot 10^2 \text{ s}$$

Respostas: a) 32km/h b) $4,0 \cdot 10^2 \text{ s}$

2

O aperfeiçoamento de aeronaves que se deslocam em altas velocidades exigiu o entendimento das forças que atuam sobre um corpo em movimento num fluido. Para isso, projetistas realizam testes aerodinâmicos com protótipos em túneis de vento. Para que o resultado dos testes corresponda à situação real das aeronaves em vôo, é preciso que ambos sejam caracterizados por valores similares de uma quantidade conhecida como número de Reynolds R . Esse número é definido como $R = \frac{VL}{b}$,

onde V é uma velocidade típica do movimento, L é um comprimento característico do corpo que se move e b é uma constante que depende do fluido.

- a) Faça uma estimativa do comprimento total das asas e da velocidade de um avião e calcule o seu número de Reynolds. Para o ar, $b_{\text{ar}} \approx 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.
- b) Uma situação de importância biotecnológica é o movimento de um micro-organismo num meio aquoso, que determina seu gasto energético e sua capacidade de encontrar alimento. O valor típico do número de Reynolds nesse caso é de cerca de $1,0 \times 10^{-5}$, bastante diferente daquele referente ao movimento de um avião no ar. Sabendo que uma bactéria de $2,0 \mu\text{m}$ de comprimento tem massa de $6,0 \times 10^{-16} \text{ kg}$, encontre a sua energia cinética média. Para a água, $b_{\text{água}} \approx 1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Resolução

a)
$$R = \frac{VL}{b}$$

Assumindo a velocidade do avião com módulo $V \approx 900 \text{ km/h} = 250 \text{ m/s}$ e o comprimento total das asas do avião $L \approx 30\text{m}$, temos:

$$R = \frac{250 \cdot 30}{1,5 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow R = 5,0 \cdot 10^8$$

b) 1)
$$R = \frac{VL}{b}$$

$$1,0 \cdot 10^{-5} = \frac{V \cdot 2,0 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow V = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

2)
$$E_c = \frac{m V^2}{2}$$

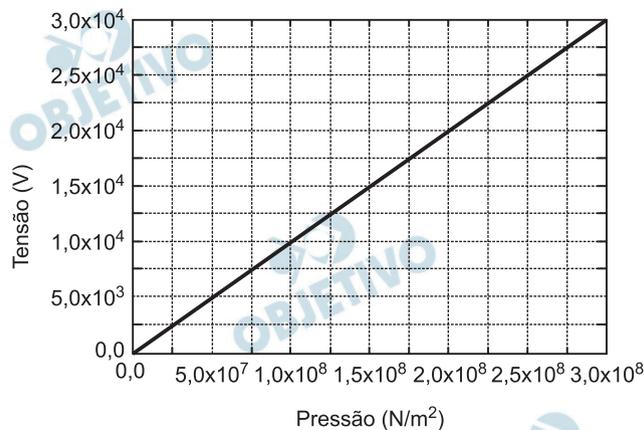
$$E_c = \frac{6,0 \cdot 10^{-16}}{2} \cdot 25,0 \cdot 10^{-12} (\text{J})$$

$$E_c = 75,0 \cdot 10^{-28} \text{ J} \Rightarrow E_c = 7,5 \cdot 10^{-27} \text{ J}$$

Respostas: a) $5,0 \cdot 10^8$ b) $7,5 \cdot 10^{-27} \text{ J}$

A produção de fogo tem sido uma necessidade humana há milhares de anos. O homem primitivo provavelmente obtinha fogo através da produção de calor por atrito. Mais recentemente, faíscas elétricas geradoras de combustão são produzidas através do chamado efeito piezométrico.

- a) A obtenção de fogo por atrito depende do calor liberado pela ação da força de atrito entre duas superfícies, calor que aumenta a temperatura de um material até o ponto em que ocorre a combustão. Considere que uma superfície se desloca 2,0 cm em relação à outra, exercendo uma força normal de 3,0 N. Se o coeficiente de atrito cinético entre as superfícies vale $\mu_c = 0,60$, qual é o trabalho da força de atrito?
- b) Num acendedor moderno, um cristal de quartzo é pressionado por uma ponta acionada por molas. Entre as duas faces do cristal surge então uma tensão elétrica, cuja dependência em função da pressão é dada pelo gráfico abaixo. Se a tensão necessária para a ignição é de 20 kV e a ponta atua numa área de $0,25 \text{ mm}^2$, qual a força exercida pela ponta sobre o cristal?



Resolução

$$a) \tau_{at} = F_{at} \cdot d \cdot \cos 180^\circ$$

$$\tau_{at} = \mu_c \cdot F_N \cdot d \cdot (-1)$$

$$\tau_{at} = 0,60 \cdot 3,0 \cdot 2,0 \cdot 10^{-2} \cdot (-1) \text{ (J)}$$

$$\tau_{at} = -3,6 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

- b) 1) Leitura do gráfico:

$$20 \text{ kV} = 2,0 \cdot 10^4 \text{ V} \dots\dots\dots p = 2,0 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$$

$$2) p = \frac{F}{A}$$

$$F = p \cdot A$$

$$F = 2,0 \cdot 10^8 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ (N)}$$

$$F = 50 \text{ N}$$

Respostas: a) $-3,6 \cdot 10^{-2} \text{ J}$ b) 50 N

A piezeletricidade também é importante nos relógios modernos que usam as vibrações de um cristal de quartzo como padrão de tempo e apresentam grande estabilidade com respeito a variações de temperatura.

- a) Pode-se utilizar uma analogia entre as vibrações de um cristal de massa m e aquelas de um corpo de mesma massa preso a uma mola. Por exemplo: a frequência de vibração do cristal e a sua energia potencial elástica também são dadas por

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ e } E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2, \text{ respectivamente,}$$

onde k é a propriedade do cristal análoga à constante elástica da mola e Δx é o análogo da sua deformação. Um cristal de massa $m = 5,0 \text{ g}$ oscila com uma frequência de 30 kHz . Usando essa analogia, calcule a energia potencial elástica do cristal para $\Delta x = 0,020 \mu\text{m}$.

- b) Em 1582, Galileu mostrou a utilidade do movimento pendular na construção de relógios. O período de um pêndulo simples depende do seu comprimento L . Este varia com a temperatura, o que produz pequenas alterações no período. No verão, um pêndulo com $L = 90 \text{ cm}$ executa um certo número de oscilações durante um tempo $t = 1800 \text{ s}$. Calcule em quanto tempo esse pêndulo executará o mesmo número de oscilações no inverno, se com a diminuição da temperatura seu comprimento variar $0,20 \text{ cm}$, em módulo. Para uma pequena variação de comprimento ΔL , a variação correspondente no tempo das oscilações Δt é

$$\text{dada por } \frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta L}{L}. \text{ Assim, } \Delta t \text{ pode ser positivo}$$

ou negativo, dependendo do sinal de ΔL .

Resolução

- a) 1) Cálculo da constante k :

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$3,0 \cdot 10^4 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{5,0 \cdot 10^{-3}}}$$

$$k = 1,8\pi^2 \cdot 10^7 \text{ N/m}$$

- 2) Cálculo da energia potencial E_p :

$$E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2$$

$$E_p \cong \frac{1}{2} 1,8\pi^2 \cdot 10^7 \cdot (2,0 \cdot 10^{-8})^2 \text{ (J)}$$

$$E_p = 3,6\pi^2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$$

- b) Supondo-se que do verão para o inverno ocorre uma redução na temperatura do pêndulo, ocorre uma redução em seu comprimento, ou seja, temos um $\Delta L < 0$. Obtemos assim o valor de Δt :

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta L}{L}$$

$$\frac{\Delta t}{1800} = \frac{1}{2} \frac{(-2,0 \cdot 10^{-1})}{90}$$

$$\Delta t = -2,0 \text{ s}$$

$$\Delta t = t' - t$$

em que t' é o novo tempo pedido

$$-2,0 = t' - 1800$$

$$t' = 1798 \text{ s}$$

Respostas: a) $3,6\pi^2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$ b) 1798s

Grandes construções representam desafios à engenharia e demonstram a capacidade de realização humana. Pontes com estruturas de sustentação sofisticadas são exemplos dessas obras que coroam a mecânica de Newton.

- a) A ponte pênsil de São Vicente (SP) foi construída em 1914. O sistema de suspensão de uma ponte pênsil é composto por dois cabos principais. Desses cabos principais partem cabos verticais responsáveis pela sustentação da ponte. O desenho esquemático da figura 1 abaixo mostra um dos cabos principais (AOB), que está sujeito a uma força de tração \vec{T} exercida pela torre no ponto B. A componente vertical da tração \vec{T}_V tem módulo igual a um quarto do peso da ponte, enquanto a horizontal \vec{T}_H tem módulo igual a $4,0 \times 10^6 \text{N}$. Sabendo que o peso da ponte é $P = 1,2 \times 10^7 \text{N}$, calcule o módulo da força de tração \vec{T} .

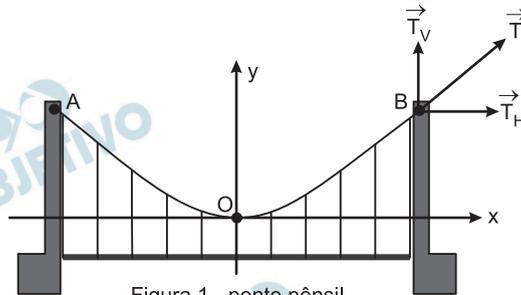


Figura 1 - ponte pênsil

- b) Em 2008 foi inaugurada em São Paulo a ponte Octavio Frias de Oliveira, a maior ponte estaiada em curva do mundo. A figura 2 mostra a vista lateral de uma ponte estaiada simplificada. O cabo AB tem comprimento $L = 50 \text{m}$ e exerce, sobre a ponte, uma força \vec{T}_{AB} de módulo igual a $1,8 \times 10^7 \text{N}$. Calcule o módulo do torque desta força em relação ao ponto O.

$$\text{Dados: } \sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

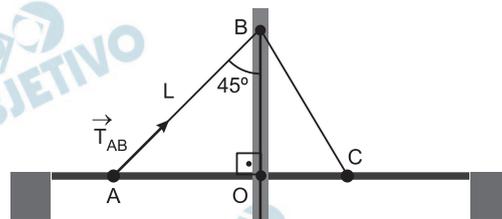
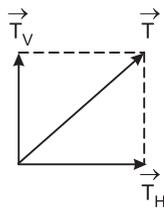


Figura 2 - ponte estaiada

Resolução

a) $T_H = 4,0 \cdot 10^6 \text{N}$

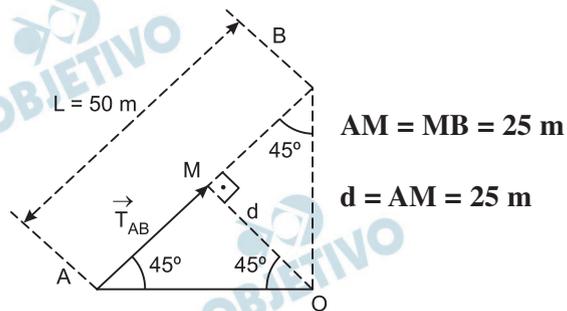
$$T_V = \frac{1,2 \cdot 10^7 \text{N}}{4} = 3,0 \cdot 10^6 \text{N}$$



$$T^2 = T_H^2 + T_V^2$$

$$T = 5,0 \cdot 10^6 \text{ N}$$

b)



O torque da força \vec{T}_{AB} em relação ao ponto O tem módulo M dado por:

$$M = |\vec{T}_{AB}| \cdot d$$

$$M = 1,8 \cdot 10^7 \cdot 25 \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

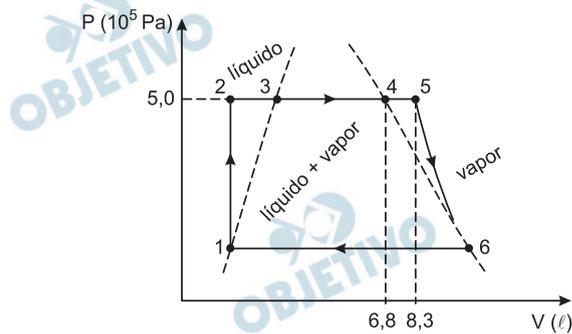
$$M = 4,5 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Respostas: a) $5,0 \cdot 10^6 \text{ N}$ b) $4,5 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}$

6

O aperfeiçoamento da máquina a vapor ao longo do século XVIII, que atingiu o ápice com o trabalho de James Watt, permitiu a mecanização do modo de produção, desempenhando papel decisivo na revolução industrial. A figura abaixo mostra o diagrama de pressão P versus volume V do cilindro de uma máquina a vapor contendo 1,0 mol de água. Os diferentes trechos do gráfico referem-se a:

- 1 \rightarrow 2: água líquida é bombeada até a pressão P_2 ;
- 2 \rightarrow 3: a temperatura da água é aumentada pela caldeira a pressão constante;
- 3 \rightarrow 4: a água é vaporizada a pressão e temperatura constantes ($T_3 = 400\text{K}$);
- 4 \rightarrow 5: o vapor é aquecido a pressão constante, expandindo de V_4 a V_5 ;
- 5 \rightarrow 6: o vapor sofre expansão sem troca de calor, fazendo com que a temperatura e a pressão sejam reduzidas;
- 6 \rightarrow 1: o vapor é condensado com a retirada de calor do cilindro a pressão constante.



- a) No ponto 5 o vapor d'água se comporta como um gás ideal. Encontre a temperatura do vapor neste ponto. A constante universal dos gases é $R = 8,3 \text{ J/mol K}$.
- b) Calcule o trabalho realizado pelo vapor d'água no trecho de 4 \rightarrow 5.

Resolução

- a) Do gráfico, temos para o ponto 5 valores de pressão P e volume V respectivamente $5,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ e $8,3 \text{ l}$ ou $8,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

Da Equação de Clapeyron, temos:

$$PV = nRT$$

$$5,0 \cdot 10^5 \cdot 8,3 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 8,3 \cdot T$$

$$T = 5,0 \cdot 10^2 \text{ K}$$

- b) Como no trecho de 4 para 5 o vapor sofre uma transformação isobárica, o trabalho τ realizado pelo gás é obtido por:

$$\tau = P\Delta V$$

$$\tau = 5,0 \cdot 10^5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ (J)} \Rightarrow \tau = 7,5 \cdot 10^2 \text{ J}$$

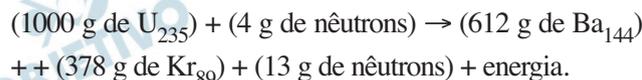
Respostas: a) $5,0 \cdot 10^2 \text{ K}$ b) $7,5 \cdot 10^2 \text{ J}$

A evolução da sociedade tem aumentado a demanda por energia limpa e renovável. Tipicamente, uma roda d'água de moinho produz cerca de 40 kWh (ou $1,4 \times 10^8$ J) diários. Por outro lado, usinas nucleares fornecem em torno de 20% da eletricidade do mundo e funcionam através de processos controlados de fissão nuclear em cadeia.

a) Um sitiante pretende instalar em sua propriedade uma roda d'água e a ela acoplar um gerador elétrico. A partir do fluxo de água disponível e do tipo de roda d'água, ele avalia que a velocidade linear de um ponto da borda externa da roda deve ser $v = 2,4$ m/s. Além disso, para que o gerador funcione adequadamente, a frequência de rotação da roda d'água deve ser igual a 0,20 Hz. Qual é o raio da roda d'água a ser instalada?

Use $\pi = 3$.

b) Numa usina nuclear, a diferença de massa Δm entre os reagentes e os produtos da reação de fissão é convertida em energia, segundo a equação de Einstein $E = \Delta mc^2$, onde $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Uma das reações de fissão que podem ocorrer em uma usina nuclear é expressa de forma aproximada por



Calcule a quantidade de energia liberada na reação de fissão descrita acima.

Resolução

a) Admitindo-se que o movimento de rotação da roda d'água seja uniforme, o módulo da velocidade linear de um ponto da borda externa da roda é dado por:

$$V = 2\pi R f$$

$$2,4 = 2 \cdot 3 \cdot R \cdot 0,20 \Rightarrow R = 2,0\text{m}$$

b) Como exposto no enunciado, a diferença de massa (Δm) entre os reagentes e os produtos da reação de fissão é convertida em energia. Dessa forma, calculemos, inicialmente, tal diferença de massa pela reação fornecida:

$$\Delta m = m_{\text{reagentes}} - m_{\text{produtos}}$$

$$\Delta m = (1000 + 4) - (612 + 378 + 13) \text{ (g)}$$

$$\Delta m = 1\text{g} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

Aplicando-se a Equação de Einstein, vem:

$$E = \Delta m c^2$$

$$E = 1 \cdot 10^{-3} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ (J)} \Rightarrow E = 9 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

Respostas: a) 2,0m b) $9 \cdot 10^{13}$ J

Thomas Edison inventou a lâmpada utilizando filamentos que, quando percorridos por corrente elétrica, tornam-se incandescentes, emitindo luz. Hoje em dia, os LEDs (diodos emissores de luz) podem emitir luz de várias cores e operam com eficiência muito superior à das lâmpadas incandescentes.

- a) Em uma residência, uma lâmpada incandescente acesa durante um dia consome uma quantidade de energia elétrica igual a 1,2 kWh. Uma lâmpada de LEDs com a mesma capacidade de iluminação consome a mesma energia elétrica em 10 dias. Calcule a potência da lâmpada de LEDs em watts.
- b) O gráfico da figura 1 mostra como a potência elétrica varia em função da temperatura para duas lâmpadas de filamento de Tungstênio, uma de 100 W e outra de 60 W. A potência elétrica diminui com a temperatura devido ao aumento da resistência do filamento. No mesmo gráfico é apresentado o comportamento da potência emitida por radiação para cada lâmpada, mostrando que quanto maior a temperatura, maior a potência radiada. Na prática, quando uma lâmpada é ligada, sua temperatura aumenta até que toda a potência elétrica seja convertida em radiação (luz visível e infravermelha). Obtenha, a partir do gráfico da figura 1, a temperatura de operação da lâmpada de 100 W. Em seguida, use a figura 2 para encontrar o comprimento de onda de máxima intensidade radiada por essa lâmpada.

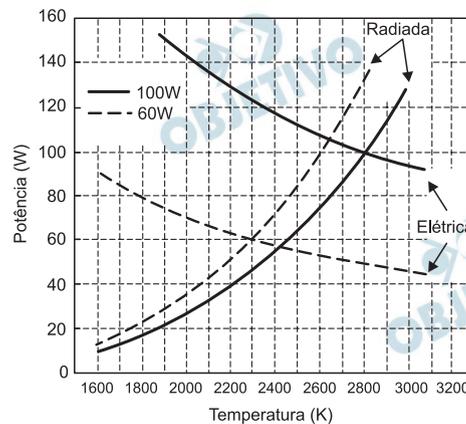


Figura 1 - Potência elétrica e radiada em função da temperatura para duas lâmpadas.

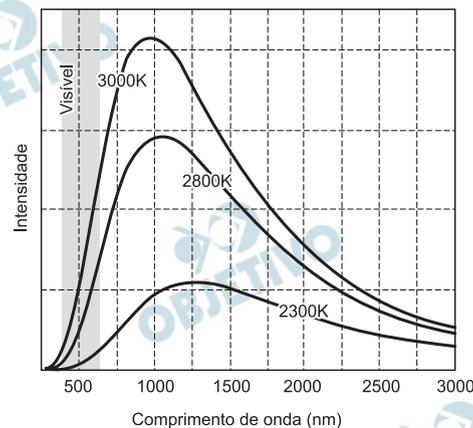


Figura 2 - Intensidade radiada por um filamento em função do comprimento de onda para três temperaturas.

Resolução

$$a) E_{el,LED} = P_{LED} \Delta t$$

$$1,2 = P_{LED} \cdot 240$$

$$P_{LED} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ kW} \Rightarrow \boxed{P_{LED} = 5,0 \text{ W}}$$

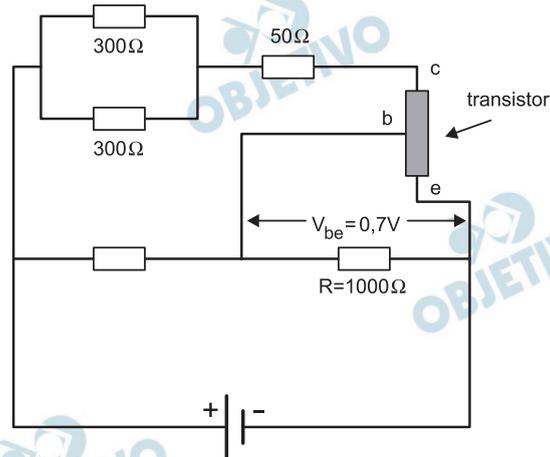
b) Do gráfico 1, temos: $P = 100 \text{ W} \Rightarrow T = 2800 \text{ K}$

Do gráfico 2, vem: $T = 2800 \text{ K} \Rightarrow \lambda_{\text{máx}} = 1100 \text{ nm}$

Respostas: a) 5,0W

b) 1100nm

O transistor, descoberto em 1947, é considerado por muitos como a maior invenção do século XX. Componente chave nos equipamentos eletrônicos modernos, ele tem a capacidade de amplificar a corrente em circuitos elétricos. A figura a seguir representa um circuito que contém um transistor com seus três terminais conectados: o coletor (c), a base (b) e o emissor (e). A passagem de corrente entre a base e o emissor produz uma queda de tensão constante $V_{be} = 0,7 \text{ V}$ entre esses terminais.



- a) Qual é a corrente que atravessa o resistor $R = 1000 \Omega$?
- b) O ganho do transistor é dado por $G = \frac{i_c}{i_b}$, onde i_c é

a corrente no coletor (c) e i_b é a corrente na base (b).

Sabendo-se que $i_b = 0,3 \text{ mA}$ e que a diferença de potencial entre o pólo positivo da bateria e o coletor é igual a $3,0 \text{ V}$, encontre o ganho do transistor.

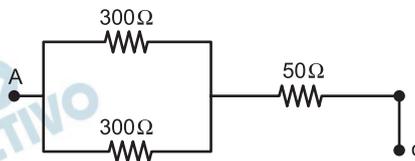
Resolução

- a) Cálculo da corrente elétrica no resistor R:

$$U_{be} = R i$$

$$0,7 = 1000 \cdot i \Rightarrow i = 0,7 \text{ mA}$$

- b) No trecho superior, temos:



$$U_{ac} = R_{ac} \cdot i_c$$

$$3,0 = 200 \cdot i_c \Rightarrow i_c = 15 \text{ mA}$$

Assim, o ganho será dado por:

$$G = \frac{i_c}{i_b} = \frac{15}{0,3} \Rightarrow G = 50$$

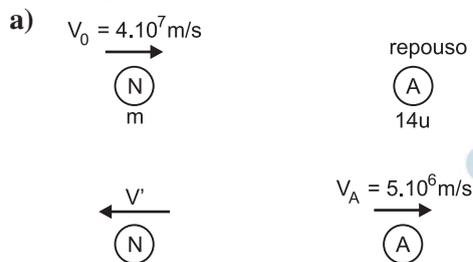
Respostas: a) $0,7 \text{ mA}$ b) 50

10

A Física de Partículas nasceu com a descoberta do elétron, em 1897. Em seguida foram descobertos o próton, o nêutron e várias outras partículas, dentre elas o pión, em 1947, com a participação do brasileiro César Lattes.

- a) Num experimento similar ao que levou à descoberta do nêutron, em 1932, um nêutron de massa m desconhecida e velocidade $v_0 = 4 \times 10^7 \text{ m/s}$ colide frontalmente com um átomo de nitrogênio de massa $M = 14 \text{ u}$ (unidade de massa atômica) que se encontra em repouso. Após a colisão, o nêutron retorna com velocidade v' e o átomo de nitrogênio adquire uma velocidade $V = 5 \times 10^6 \text{ m/s}$. Em consequência da conservação da energia cinética, a velocidade de afastamento das partículas é igual à velocidade de aproximação. Qual é a massa m , em unidades de massa atômica, encontrada para o nêutron no experimento?
- b) O Grande Colisor de Hádrons (Large Hadron Collider-LHC) é um acelerador de partículas que tem, entre outros propósitos, o de detectar uma partícula, prevista teoricamente, chamada bóson de Higgs. Para esse fim, um próton com energia de $E = 7 \times 10^{12} \text{ eV}$ colide frontalmente com outro próton de mesma energia produzindo muitas partículas. O comprimento de onda (λ) de uma partícula fornece o tamanho típico que pode ser observado quando a partícula interage com outra. No caso dos prótons do LHC, $E = hc/\lambda$, onde $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$, e $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Qual é o comprimento de onda dos prótons do LHC?

Resolução



V' = módulo da velocidade do nêutron

- 1) Com a conservação da energia cinética, a colisão é elástica e temos:

$$V_{af} = V_{ap}$$

$$V_A + V' = V_0$$

$$5 \cdot 10^6 + V' = 40 \cdot 10^6$$

$$V' = 35 \cdot 10^6 \text{ m/s} \Rightarrow V' = 3,5 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

- 2) Conservação da quantidade de movimento na colisão:

$$Q_{após} = Q_{antes}$$

$$m_A V_A + m (-V') = m V_0$$

$$14u \cdot 5 \cdot 10^6 + m (-3,5 \cdot 10^7) = m \cdot 4 \cdot 10^7$$

$$70 \cdot 10^6 u = m \cdot 7,5 \cdot 10^7 \Rightarrow \boxed{m = 0,93 u}$$

$$b) E = \frac{h c}{\lambda}$$

$$7 \cdot 10^{12} \text{ eV} = \frac{4 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot s \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{12}{7} \cdot 10^{-19} \text{ m} \Rightarrow \boxed{\lambda \cong 1,7 \cdot 10^{-19} \text{ m}}$$

Respostas: a) 0,93u b) $1,7 \cdot 10^{-19} \text{ m}$

O fato de os núcleos atômicos serem formados por prótons e nêutrons suscita a questão da coesão nuclear, uma vez que os prótons, que têm carga positiva $q = 1,6 \times 10^{-19}C$, se repelem através da força eletrostática. Em 1935, H. Yukawa propôs uma teoria para a força nuclear forte, que age a curtas distâncias e mantém os núcleos coesos.

a) Considere que o módulo da força nuclear forte entre dois prótons F_N é igual a vinte vezes o módulo da força eletrostática entre eles F_E , ou seja, $F_N = 20F_E$. O módulo da força eletrostática entre dois prótons separados por uma distância d é dado por $F_E = K \frac{q^2}{d^2}$,

$$F_E = K \frac{q^2}{d^2},$$

onde $K = 9,0 \times 10^9 Nm^2/C^2$. Obtenha o módulo da força nuclear forte F_N entre os dois prótons, quando separados por uma distância $d = 1,6 \times 10^{-15}m$, que é uma distância típica entre prótons no núcleo.

b) As forças nucleares são muito maiores que as forças que aceleram as partículas em grandes aceleradores como o LHC. Num primeiro estágio de acelerador, partículas carregadas deslocam-se sob a ação de um campo elétrico aplicado na direção do movimento. Sabendo que um campo elétrico de módulo $E = 2,0 \times 10^6 N/C$ age sobre um próton num acelerador, calcule a força eletrostática que atua no próton.

Resolução

a) Cálculo da força eletrostática (F_E):

$$F_E = \frac{K q^2}{d^2}$$

$$F_E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(1,6 \cdot 10^{-15})^2} \text{ (N)}$$

$$F_E = 9,0 \cdot 10^1 \text{ N}$$

Do enunciado, vem:

$$F_N = 20 F_E = 1,8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

b) A força eletrostática pode ser calculada por:

$$F_{\text{elét}} = |q| E$$

$$F_{\text{elét}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,0 \cdot 10^6 \text{ (N)}$$

$$F_{\text{elét}} = 3,2 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$

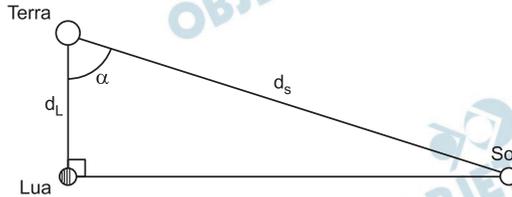
Respostas: a) $1,8 \cdot 10^3 \text{ N}$

b) $3,2 \cdot 10^{-13} \text{ N}$

12

As medidas astronômicas desempenharam papel vital para o avanço do conhecimento sobre o Universo. O astrônomo grego Aristarco de Samos (310 – 230 a.C.) determinou a distância Terra-Sol e o diâmetro do Sol. Ele verificou que o diâmetro do Sol é maior que o da Terra e propôs que a Terra gira em torno do Sol.

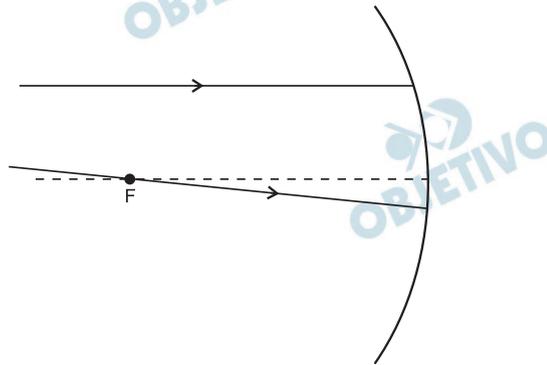
- a) Para determinar a distância Terra-Sol d_s , Aristarco mediu o ângulo α formado entre o Sol e a Lua na situação mostrada na figura a seguir. Sabendo-se que a luz leva 1,3 s para percorrer a distância Terra-Lua d_L , e que medidas atuais fornecem um valor de $\alpha = 89,85^\circ$, calcule d_s .



Dados: velocidade da luz: $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

$$\cos(89,85^\circ) = \sin(0,15^\circ) = 2,6 \times 10^{-3}$$

- b) O telescópio Hubble, lançado em 1990, representou um enorme avanço para os estudos astronômicos. Por estar orbitando a Terra a 600 km de altura, suas imagens não estão sujeitas aos efeitos da atmosfera. A figura abaixo mostra um desenho esquemático do espelho esférico primário do Hubble, juntamente com dois raios notáveis de luz. Se F é o foco do espelho, desenhe na figura a continuação dos dois raios após a reflexão no espelho.



Resolução

a) 1. Cálculo de d_L : $c = \frac{d_L}{T}$

$$d_L = c \cdot T$$

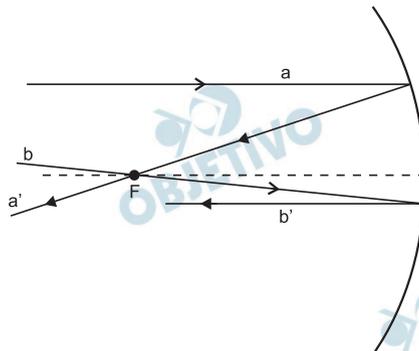
$$d_L = 3,0 \cdot 10^8 \cdot 1,3 \text{ (m)} \Rightarrow d_L = 3,9 \cdot 10^8 \text{ m}$$

2. Cálculo de d_s : $\cos \alpha = \frac{d_L}{d_s}$

Do enunciado, $\alpha = 89,85^\circ$ e $\cos \alpha = 2,6 \cdot 10^{-3}$

$$\text{Então: } 2,6 \cdot 10^{-3} = \frac{3,9 \cdot 10^8}{d_s} \quad \boxed{d_s = 1,5 \cdot 10^{11} \text{m}}$$

- b) O raio incidente a tem direção paralela ao eixo principal do espelho. O raio refletido a' tem direção passando pelo foco principal do espelho. O raio incidente b tem direção passando pelo foco principal do espelho, então, o raio refletido b' tem direção paralela ao eixo principal do espelho.



Nos primeiros dias do outono subitamente entrado, quando o escurecer toma uma evidência de qualquer coisa prematura, e parece que tardamos muito no que fazemos de dia, gozo, mesmo entre o trabalho quotidiano, essa antecipação de não trabalhar...

(Fernando Pessoa, *Livro do Desassossego*. Campinas: Editora da Unicamp, 1994, vol II, p. 55).

- a) Compare as características do outono em Portugal (terra natal de Fernando Pessoa) com o outono da região nordeste do Brasil.
- b) Diferencie *solstício* de *equinócio*.

Resolução

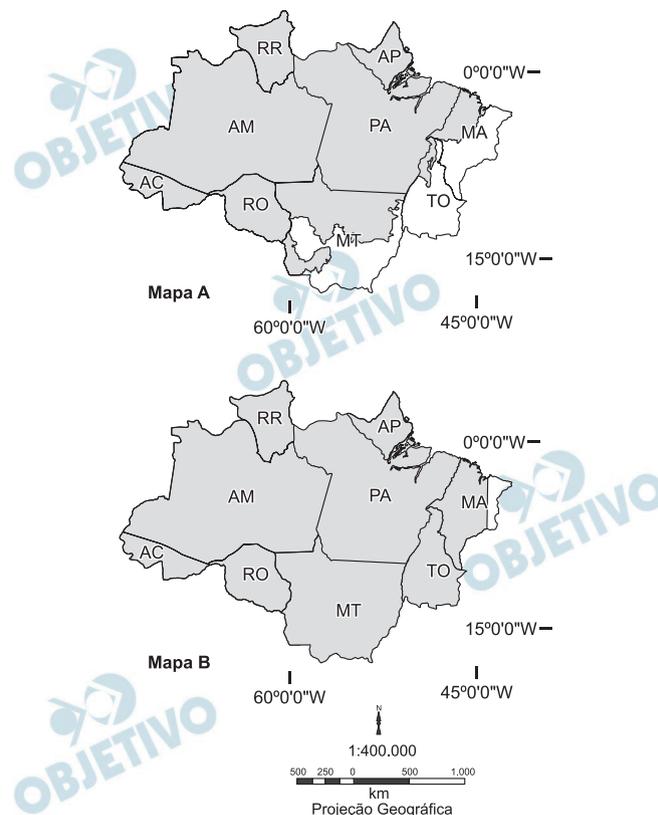
a) O outono em Portugal, entre 23 de setembro e 21 de dezembro no Hemisfério Norte, caracteriza-se por temperaturas amenas, comparadas às do verão, sendo uma região pertencente ao domínio do clima mediterrâneo na porção meridional da Europa. Neste período, começam as chuvas, que caracterizarão o inverno mediterrâneo. Já na Região Nordeste, o outono, entre 21 de março e 21 de junho, tem aspecto diverso. Na Zona da Mata, litoral oriental, corresponde ao período chuvoso, ou no qual, mais propriamente, iniciam-se as chuvas. Na região meio-norte, Maranhão e Piauí, as chuvas desse período parecem uma extensão das do período do verão. No Sertão e no Agreste, o outono é marcado por chuvas escassas e temperaturas elevadas, com médias térmicas ligeiramente menores que no verão.

b) Solstício é o momento que indica o afastamento máximo do Sol, em seu movimento aparente sobre a superfície terrestre, em relação ao Equador. Esse ponto de maior afastamento é indicado pelas linhas imaginárias dos trópicos: Trópico de Capricórnio, $23^{\circ}27'35''S$ e Trópico de Câncer, $23^{\circ}27'30''N$, resultando na maior desigualdade na duração entre o dia e a noite, aproximadamente nos dias 21 de dezembro no Hemisfério Norte e 21 de junho no Hemisfério Sul. Comumente, denomina-se solstício o momento no qual o Sol incide sobre os trópicos, o que é um equívoco conceitual.

Equinócio é indicado pela incidência perpendicular do Sol em seu movimento aparente sobre a superfície terrestre, sobre o Equador terrestre, dias 21 de março e 23 de setembro, datas nas quais o tempo de iluminação/escuridão é igual, tanto no Hemisfério Norte quanto no Hemisfério Sul.

Solstícios e equinócios são referências para a determinação do início das estações do ano.

Os mapas A e B representam parte do território nacional, com delimitação de área segundo dois importantes elementos para estudo do espaço brasileiro.



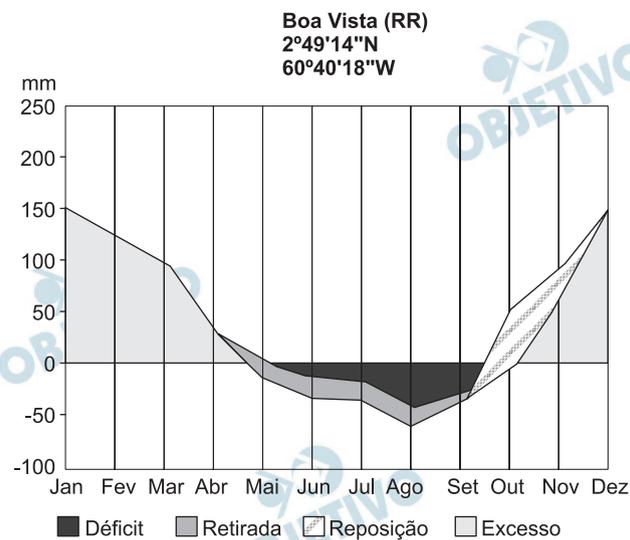
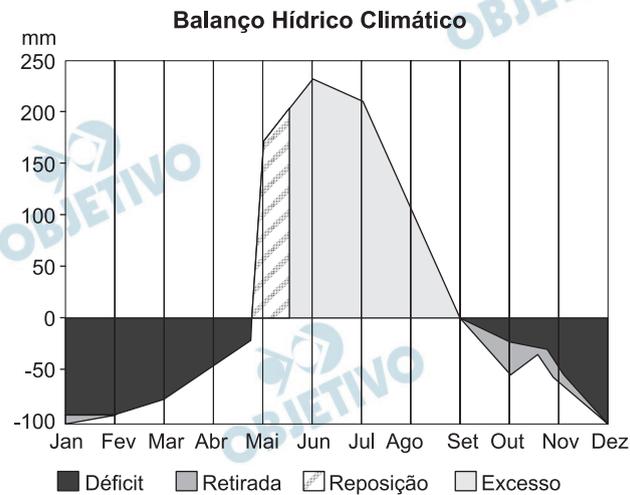
Fonte: Adaptado do IBGE (2008)

- Identifique a que se referem, respectivamente, as áreas representadas nos Mapas A e B.
- Quais os principais problemas ambientais da atualidade verificados na região? Que tecnologia geográfica vem sendo empregada para o monitoramento dessa região?

Resolução

- As representações cartográficas se referem a: Mapa A – Formação Vegetal da Mata Equatorial Amazônica; e Mapa B – Área Geográfica abrangida pela Amazônia Legal.
- A Amazônia Legal, que inclui a área da Mata Equatorial, vem sendo atingida por problemas ambientais, tais como o desmatamento produzido por queimadas ou retirada de madeira com o objetivo de exploração econômica ou abertura de áreas para atividades agropastoris, caracterizando o “Arco Sul de Desmatamento”; as queimadas colaboram para a intensificação do efeito estufa; destruição da cobertura vegetal para atividades mineradoras, com a exposição dos terrenos à erosão e posterior assoreamento dos rios. O monitoramento da região é, desde 2002, processado pelo SIVAM – Sistema Integrado de Vigilância da Amazônia – um sistema de radares terrestres e aéreos que perscrutam a área da Amazônia Legal, podendo detectar atividades ilícitas, como a retirada ilegal de madeira e as queimadas, bem como a ocorrência de voos clandestinos.

Compare os dois balanços hídricos apresentados abaixo:



Uberaba (MG)
 19°45'03"S
 47°56'00"W

Adaptado de INEMET, 2008.

- Indique o(s) tipo(s) climático(s) representado(s) nos dois balanços hídricos. Justifique sua resposta.
- Indique o tipo de cobertura vegetal dominante nestas áreas. Quais suas principais características?

Resolução

- Os gráficos representam balanços hídricos típicos do clima tropical com duas estações definidas – cheias de verão e vazantes de inverno. Como as localidades estão em diferentes hemisférios, o calendário das chuvas e estiagens ocorre em momentos diferentes: no gráfico de Boa Vista – RR, as cheias ocorrem no verão boreal (jun/ago) e as vazantes no inverno (dez/mar); no gráfico de Uberaba – MG, as cheias ocorrem no verão austral (dez/mar) e vazantes no inverno (jun/ago).
- Em Boa Vista, a vegetação dominante é o complexo de campos e cerrados, formado por vegetação herbácea e arbustiva. Em Uberaba, a vegetação dominante é o cerrado, também formado por um estrato herbáceo (gramíneas) e arbustivo (arbustos retorcidos e com casca grossa) resistente ao fogo.

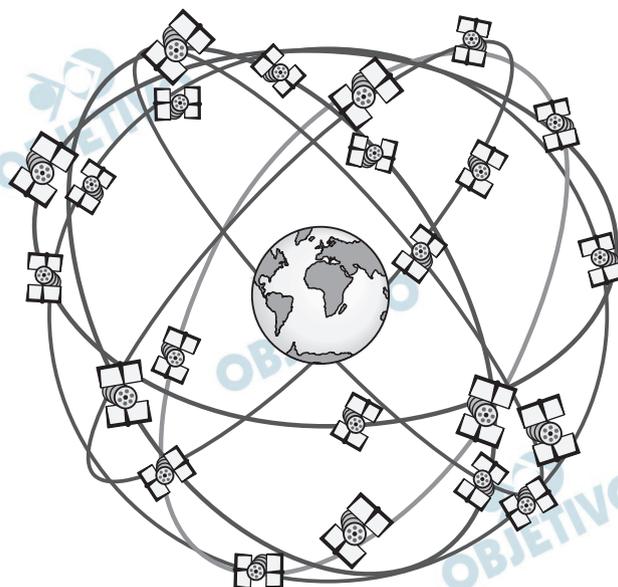
Uma tendência marcante no mundo contemporâneo é a formação de organismos regionais, como o Mercosul e a União Européia. Considerando esse fato, responda às questões:

- a) A primeira “onda” de integração regional iniciou-se após a Segunda Guerra Mundial e perdurou até cerca de 1970. Considerando esse período, aponte pelo menos duas organizações que surgiram na América Latina, e comente os resultados dessa integração no subcontinente.
- b) Recentemente, a idéia de “regionalismo aberto” tem sido utilizada para promover a convergência dos diversos acordos regionais existentes, visando também à adesão de novos países ao processo de integração. Neste contexto, quais seriam os principais objetivos almejados pela integração regional?

Resolução

- a) Na América Latina, surgiram, na década de 1960, a ALALC (Associação Latino Americana de Livre Comércio), a qual, nos anos de 1980, passaria a ser designada como ALADI (Associação Latino Americana de Integração), outra seria na América Central, o CARIFTA (1965), transformado em CARICOM (1973) e o Pacto Andino (1969), reunindo Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia, uma vez que o Chile se retirou em 1973. Esta organização hoje constitui-se na CAN (Comunidade Andina).
- b) A ideia de “regionalismo aberto” pode ser representada pela organização UNASUL, criada em 2004, pela Declaração de Cuzco (Peru) com o objetivo de integrar os países da América do Sul. Dentro desse contexto, os objetivos almejados por essa organização são os mesmos propostos por essas integrações, ou seja, estabelecer a cooperação nas áreas de educação, ciências, finanças e energia em segmentos econômicos, sociais e políticos, entre os países da região.

A ilustração abaixo representa a constelação de satélites do Sistema de Posicionamento Global (GPS) que orbitam em volta da Terra.



Adaptado de Luis Antonio Bittar Venturi et al., *Praticando Geografia – técnicas de campo e laboratório*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2005, p. 25.

- Qual a finalidade do GPS? Como esses satélites em órbita transmitem os dados para os aparelhos receptores localizados na superfície terrestre?
- O que são *latitude* e *longitude*?

Resolução

- A finalidade do GPS – Sistema de Posicionamento Global – é permitir a localização, na superfície terrestre, de elementos dos mais diversos tipos, como, por exemplo, acidentes geográficos (naturais) e elementos humanos como cidades, ruas, praças, fazendas e, até, elementos móveis, como veículos automotivos, trens, navios etc. Os vinte e quatro satélites atuantes do sistema realizam uma triangulação (que calcula a posição do elemento na superfície) e envia a informação a um sistema receptor por sinais de rádio, transmitidos constantemente.
- A *latitude* é a medida da distância em graus de um ponto da superfície terrestre à linha do Equador (0°). Seu valor varia de 0° a 90° , tanto para o norte, quanto para o sul (90° equivalem aos polos norte e sul). A *longitude* é a medida da distância em graus de um ponto da superfície terrestre à linha do meridiano de Greenwich (0°). Seu valor varia de 0° a 180° , tanto para leste quanto para oeste, até 180° , que é o antimeridiano de Greenwich. O “cruzamento” dos dois valores determina as coordenadas geográficas.

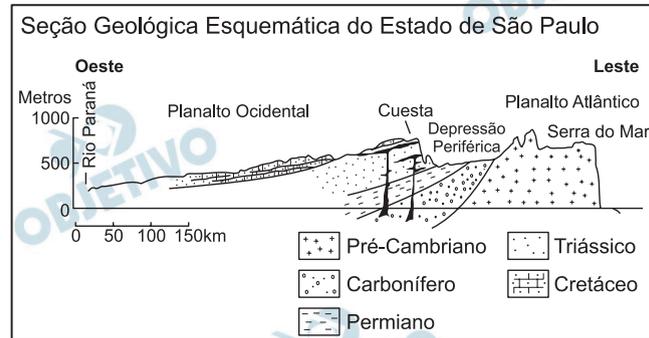
Recentemente, a relação entre a expansão da produção de agrocombustíveis e a produção de alimentos entrou na agenda política internacional. Considerando esse fato, responda às questões:

- a) No Brasil, a produção de agrocombustíveis tem forte base na cultura da cana-de-açúcar. Aponte o principal impacto sócio-econômico advindo do crescimento da produção de cana-de-açúcar e identifique os principais Estados brasileiros em que essa expansão vem ocorrendo mais fortemente.
- b) A implementação de uma política de soberania ou segurança alimentar tem sido indicada como alternativa à crise de alimentos. Quais os principais objetivos das políticas de segurança alimentar?

Resolução

- a) **A expansão do cultivo da cana-de-açúcar a partir das décadas de 1970 e 1980, com o advento do Pró-Álcool, trouxe vários impactos socioeconômicos, como concentração fundiária, com a absorção de pequenas e médias propriedades; migração de trabalhadores para as cidades; um aumento da exploração do trabalho volante, ao mesmo em que diminuiu o número de contratos de trabalho no campo. Houve também uma redução de áreas dedicadas ao cultivo de alimentos, como o arroz e o feijão, fazendo subir os seus preços. Os estados em que está ocorrendo grande expansão recente são Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Tocantins.**
- b) **Os objetivos das políticas de segurança alimentar são assegurar o abastecimento de alimentos, na proposta de combate à fome, assegurar a produção da agricultura familiar, hoje ameaçada pela expansão da agricultura empresarial de produtos com destino ao mercado externo e à indústria.**

Observe a figura abaixo e responda às questões:



Adaptado de Aziz Ab'Saber, 1956. "A terra Paulista", *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, 23: 5-38.

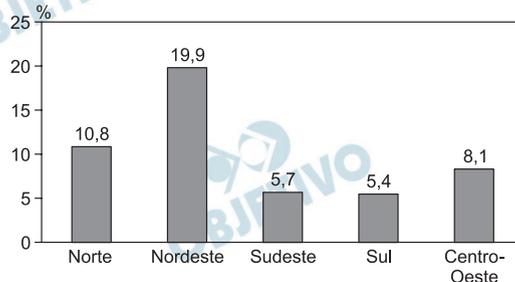
- No perfil geológico-geomorfológico do Estado de São Paulo aparece representado o relevo de cuestas. O que é um relevo de cuestas e quais as suas principais características?
- O Rio Tietê tem suas nascentes no município de Salesópolis, no reverso da Serra do Mar, a aproximadamente 50 km do litoral, e tem a sua foz no rio Paraná. Quando adentra a Bacia Sedimentar do Paraná, o Rio Tietê corre concordante ao mergulho das rochas desta bacia. Por que, apesar de nascer próximo ao litoral, o Rio Tietê é afluente do Rio Paraná? Como são denominados os rios que têm o mesmo comportamento que o Rio Tietê no trecho da Bacia Sedimentar do Paraná?

Resolução

- É um relevo resultante da erosão diferencial entre rochas sedimentares (arenito) e vulcânicas (basalto), típico do Planalto da Bacia do Rio Paraná, tendo como característica um *front* (escarpa) íngreme constituído de rocha basáltica, à frente do qual estão os morros testemunhos e a depressão periférica.
- O Rio Tietê corre no sentido litoral-interior acompanhando a inclinação do relevo para o oeste. Os rios que atravessam as *cuestas* são denominados *consequentes* acompanhando o mergulho da camada rochosa em direção ao Vale do Rio Paraná.

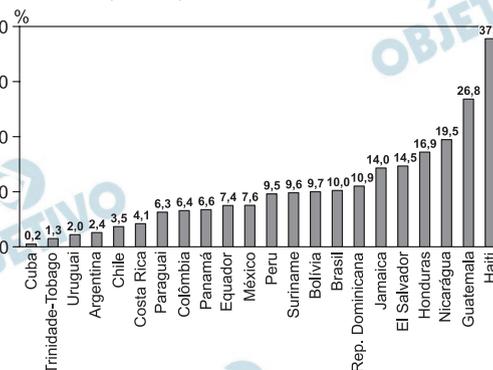
Os dados recentes sobre analfabetismo no Brasil e nos países da América Latina e Caribe, divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), revelam importante aspecto das diferenças regionais.

Gráfico 1 - Taxa de analfabetismo das pessoas de 15 anos ou mais, segundo as Grandes Regiões do Brasil - 2007



Fonte: PNAD - Síntese de Indicadores 2007 (IBGE, 2008)

Gráfico 2 - Projeções para a taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais para os países da América Latina e Caribe - 2007



Fonte: PNAD - Síntese de Indicadores 2007 (IBGE, 2008)

- Em termos regionais qual a situação da distribuição das taxas de analfabetismo no Brasil? De que maneira isso influencia a manutenção das desigualdades regionais?
- Entre os países citados, qual apresenta a maior taxa de analfabetismo? De que maneira a situação política desse país contribui para explicar tal fato?

Resolução

- Observa-se que a distribuição das taxas de analfabetismo confirma que o País é marcado por disparidades regionais. O Sudeste e o Sul apresentam melhores condições socioeconômicas; o Nordeste, as piores e as Regiões Centro-Oeste e Norte revelam posições intermediárias. As melhores condições do Sul e do Sudeste atraem investimentos para essas Regiões. A menor qualificação profissional no Nordeste, assim como o grande número de analfabetos dessa Região, dificultam um desenvolvimento mais rápido dela.
- A maior taxa entre os países citados é a do Haiti. Contribuiu para isso a grande instabilidade política das últimas décadas, e, recentemente, houve manifestações populares que levaram à deposição do presidente Aristide, padre ligado à Teologia da Libertação, fato que motivou a intervenção da ONU no país, intervenção essa que contou com uma missão brasileira.

Em 1883, a violenta erupção do vulcão indonésio de Krakatoa riscou do mapa a ilha que o abrigava e deixou em seu rastro 36 mil mortos e uma cratera aberta no fundo do mar. Os efeitos da explosão foram sentidos até na França; barômetros em Bogotá e Washington enlouqueceram; corpos foram dar na costa da África; o estouro foi ouvido na Austrália e na Índia

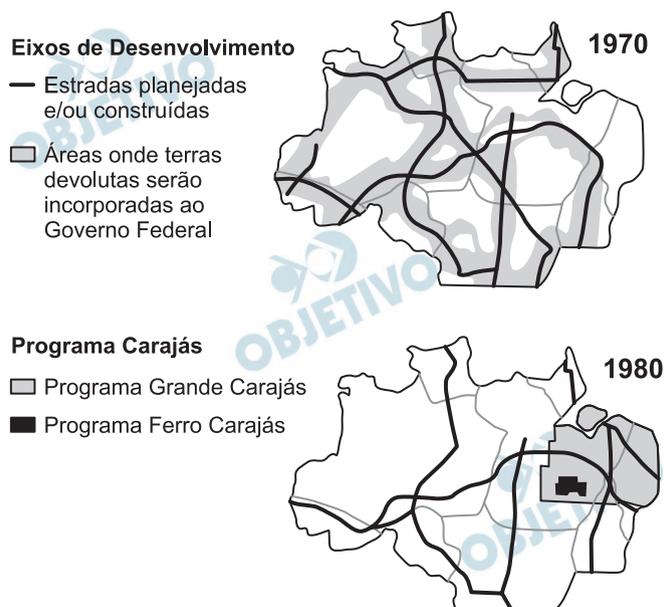
(Simon Winchester. *Krakatoa – o dia em que o mundo explodiu*. São Paulo: Objetiva, contracapa, 2003).

- a) Explique por que no sudeste da Ásia, onde se localiza a Indonésia, há ocorrência de vulcões, diferentemente do que ocorre no território brasileiro.
- b) Alguns vulcões, como o Krakatoa, são extremamente explosivos, enquanto outros, como o Kilauea, no Havaí, não apresentam fortes explosões. Por que isso ocorre?

Resolução

- a) **O Arquipélago Indonésio é constituído, em grande parte, por um conjunto de ilhas de origem vulcânica, comuns nesta porção do continente asiático limítrofe entre as placas tectônicas Euroasiática, Filipina, Australiana e do Pacífico. Trata-se de uma região geológica marcada por forte instabilidade sísmico-vulcânica, diferente do Brasil, território situado no meio da placa Sul Americana, geologicamente estável.**
- b) **Os vulcões têm tipologia diversa: Krakatoa situa-se numa porção limítrofe de diversas placas tectônicas e teve sua cratera fechada pelo endurecimento do material magmático superficial; sob a pressão do material derretido, localizado na porção inferior, o vulcão explodiu; enquanto no Kilauea, típico vulcão havaiano (é a denominação dada a esse tipo de vulcão), a lava fluida corre continuamente, pois a fenda se mantém constantemente aberta.**

As figuras abaixo representam duas concepções geopolíticas de ocupação da Amazônia brasileira no período militar. Responda às perguntas:



Adaptado de Bertha Becker e Cláudio Edler, *Brasil: uma nova potência regional na economia-mundo*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 152.

- a) Quais as principais diferenças entre “os eixos de desenvolvimento de 1970” e o “Projeto Calha Norte”?
- b) Que razões explicariam o programa Grande Carajás?

Resolução

- a) Os eixos de desenvolvimento de 1970 foram concebidos a partir do PIN – Plano de Integração Nacional, que visava à ocupação e à integração da Amazônia mediante a construção de estradas transversais, longitudinais e diagonais, interligando a Amazônia às demais regiões, assim como a atração de investimentos associados à Sudam (1966 – 2002). Já o Projeto Calha Norte, concebido na década de 1980, tinha como objetivo controlar as fronteiras norte-noroeste de possíveis ações guerrilheiras, contrabando e garimpos clandestinos, assim como facilitar o deslocamento de tropas do exército na região.
- b) Criação de infraestruturas (ferrovia e porto) e escoamento de minérios de ferro, manganês e outros, construção de hidroelétricas e desenvolvimento de projetos agropecuários, com o propósito de exportar matéria-prima mineral, tendo em vista o levantamento de recursos de capital com vistas ao ressarcimento da dívida externa.

As cartas e as fotografias tomadas de avião ou de satélites (...) representam porções muito desiguais da superfície terrestre. Algumas cartas topográficas representam, mediante **deformações calculadas e escolhidas**, toda a superfície do globo, outras a extensão de um continente, outras ainda a de um Estado, de uma aglomeração urbana; algumas cartas representam espaços de bem menor envergadura; uma pequena cidade, uma aldeia. Há planos de bairros e mesmo de habitação. [grifo nosso]

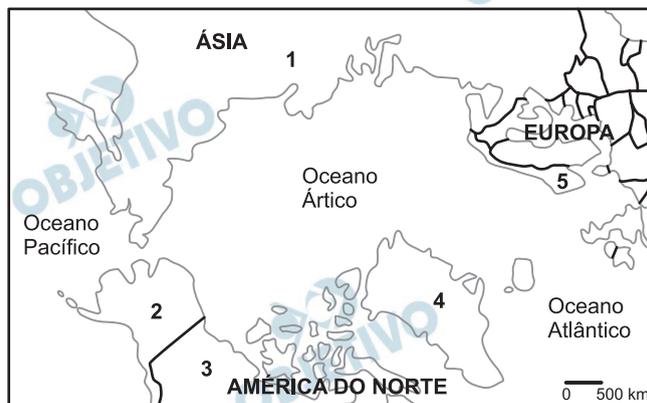
(Yves Lacoste, “Os objetos Geográficos”, em Seleção de Textos, n° 18, São Paulo: AGB, 1988, p. 9).

- a) Quais os principais elementos cartográficos que ocasionam as “deformações calculadas e escolhidas” mencionadas pelo autor?
- b) Seguindo a seqüência de raciocínio do autor na delimitação geográfica, que vai da superfície do globo à habitação, indique quais as escalas cartográficas mais apropriadas aos estudos geográficos nesses dois casos.

Resolução

- a) Os elementos cartográficos responsáveis pelas “deformações calculadas e escolhidas” são a escala e a projeção. A *escala* é a relação existente entre a superfície do planeta e a representação no mapa, ou seja, o número de vezes que a superfície da Terra é reduzida para “caber” no mapa. A *projeção* é um conjunto de cálculos matemáticos que permitem a transformação da superfície curva da Terra em uma representação plana (o mapa).
- b) Na representação da superfície do globo, é preciso utilizar uma escala “pequena”, isto é, reduzir muitas vezes a superfície para que toda ela se encaixe no mapa. Exemplos para essas escalas seriam 1:30.000.000, 1:50.000.000. Já, para representar fenômenos como habitações, ruas, avenidas etc., a redução deve ser pequena, no que se convencionou chamar de “grande” escala, permitindo a averiguação de detalhes. Exemplos desse gênero de escala seriam 1:10.000 e 1:50.000.

Observe o mapa, leia o trecho que segue e responda às questões:



Adaptado de <http://www.libreria.com.br/imagens/mapas/OceanoArctico.jpg>

Um século depois das expedições dos americanos Frederick Cook (1865-1940) e Robert Perry (1856-1920) que visavam a conquistar o Pólo Norte, uma nova corrida está sendo disputada, desta vez no Oceano Glacial Ártico. Os seus protagonistas são os cinco países que fazem fronteira com essa “terra de ninguém” congelada.

(Adaptado de Pierre Le Hir, “A corrida em busca dos recursos do Ártico se intensifica”. *Le Monde*. www.noticias.uol.com.br/midiaglobal/lemonde/2008/08/22.ult.580u.3272.jhtm)

- O território identificado com o número 4 corresponde à Groenlândia, pertencente à Dinamarca. Identifique os demais países assinalados, respectivamente, com os números 1, 2, 3 e 5.
- Mesmo divergindo sobre as causas, a comunidade científica é unânime: o Oceano Ártico está derretendo. Em caso de derretimento de sua superfície, é esperado que os países banhados por esse oceano tenham maior interesse nesta área do globo. Aponte duas razões que justifiquem esse maior interesse.

Resolução

- 1 – Rússia
2 – Alasca (estado dos EUA)
3 – Canadá
5 – Noruega
- Exploração de recursos minerais, destacando-se o petróleo e controle sobre as rotas de navegação entre os estreitos.