

III. 1. Terra, um Planeta Especial – 6 Exercícios de Exame

1) A fronteira do Sistema Solar

Para os astrónomos, a fronteira do nosso Sistema Solar situa-se a cerca de 150 000 unidades astronómicas (UA)* do Sol. É o limite de influência gravitacional da nossa estrela. Ao longo deste imenso espaço, encontram-se os diferentes corpos celestes. Entre o Sol e as 100 UA entra-se na heliosfera, zona de influência dos ventos solares. É nesta zona que se encontram os planetas: • até às 1,5 UA, situam-se os planetas telúricos; • entre as 5,2 UA e as 30 UA, situam-se os planetas gigantes. Das 100 UA até às 150 000 UA o sistema encontra-se praticamente vazio, pontilhado de alguns corpos celestes, muito distantes uns dos outros. É aí que se encontra a nuvem de Oort e os seus núcleos de cometas. Todos os planetas, com excepção de Vénus e de Marte, possuem um campo magnético intrínseco, que desvia as partículas com carga eléctrica, provenientes do Sol. Science & Vie, Hors Série – Le Système Solaire, Março de 2009 (adaptado)

* 1 unidade astronómica (UA) = 149 598 000 km

1.1. Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta. A 50 000 UA de distância do Sol podem ser encontrados _____ que, pelo facto de aí se terem formado, são constituídos essencialmente por materiais de _____ densidade.

- (A) asteróides ... elevada
- (B) cometas ... baixa
- (C) cometas ... elevada
- (D) asteróides ... baixa

1.2. Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta. A Terra encontra-se na heliosfera, estando protegida dos ventos solares por...

- (A) apresentar atmosfera.
- (B) possuir um satélite natural.
- (C) possuir campo magnético.
- (D) apresentar geodinamismo externo.

1.3. Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta. Na crosta de Marte, em rochas com a mesma composição mineralógica, as mais antigas apresentam, para um determinado elemento _____, uma razão de isótopos-pai/isótopos-filho _____ do que rochas mais recentes.

- (A) instável ... maior
- (B) instável ... menor
- (C) estável ... menor
- (D) estável ... maior

1.4. Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta. Um planeta que se localize a cerca de 9,5 UA de distância do Sol caracteriza-se por...

- (A) possuir uma razão massa/volume superior à da Terra.
- (B) estar diferenciado em crosta, manto e núcleo.
- (C) apresentar temperaturas médias superficiais elevadas.
- (D) ser constituído essencialmente por materiais gasosos.

2) O meteorito do Alandroal

O meteorito do Alandroal No dia 14 de novembro de 1968, deu-se a queda de um meteorito na herdade das Tenazes, a cerca de 3 Km de Juromenha, no concelho do Alandroal. A queda, ocorrida cerca das 18 horas e 55 minutos, foi precedida de um clarão e de um som semelhante a um tiro de canhão. O meteorito encontrado pelos camponeses produziu, no solo, uma pequena cratera com cerca de 80 cm de profundidade. O meteorito foi recolhido, aproximadamente, às 11 horas do dia 15 de novembro. O relatório feito pelos cientistas que estudaram o meteorito refere dimensões aproximadas de 30 × 20 × 10 cm, 25,250 kg de massa e uma mineralogia simples. A análise revelou que o meteorito era composto, fundamentalmente, por

minerais de ferro e níquel, apresentando uma densidade de 7,82, o que permitiu classificá-lo como um siderito. Um meteoróide, quando em órbita em torno do Sol, é bombardeado pela radiação cósmica. Depois de ter caído na Terra, a atmosfera protege o meteorito dessa radiação, passando a verificar-se apenas o decaimento de alguns dos isótopos de radiação cósmica recebidos. A idade terrestre dos meteoritos achados, nos casos em que não foi possível encontrá-los aquando da sua queda, é determinada por comparação com as idades de meteoritos recuperados logo após a sua queda, como aconteceu com o meteorito do Alandroal. Para determinar a idade terrestre dos meteoritos, são utilizados alguns isótopos, como, por exemplo, o ^{36}Cl . Baseado em www.portaldoastronomo.org (consultado em novembro de 2011)

2.1. A maior parte dos meteoritos provenientes de asteroides tem origem numa zona do sistema solar situada entre

- (A) Júpiter e Saturno.
- (B) Marte e Júpiter.
- (C) Terra e Marte.
- (D) Vénus e Terra.

2.2. A contagem da idade terrestre de um siderito tem sempre início no momento

- (A) do contacto do meteorito com o solo.
- (B) da entrada em órbita do respetivo meteoróide.
- (C) do achado do meteorito.
- (D) da formação do respetivo meteoróide.

2.3. O meteorito mais antigo que se conhece terá caído há cerca de 500 000 anos. Admitindo que a sua idade tenha sido obtida com recurso ao isótopo ^{36}Cl , cujo tempo de semivida é 300 000 anos, originando o isótopo ^{36}Ar , pode concluir-se que, na altura da queda,

- (A) a proporção do isótopo pai em relação ao isótopo filho é inferior a 50 %.
- (B) a proporção do isótopo pai em relação ao isótopo filho é superior a 50 %.
- (C) a razão dos isótopos $^{36}\text{Cl}/^{36}\text{Ar}$ é igual a 1.
- (D) a razão dos isótopos $^{36}\text{Cl}/^{36}\text{Ar}$ é igual a 0,5.

2.4. Ordene as letras de A a E, de modo a reconstituir uma possível sequência cronológica de acontecimentos relacionados com uma queda meteorítica na superfície da Terra.

- A. Formação de uma cratera por embate de um meteorito.
- B. Interação de um meteoróide com o campo gravítico da Terra.
- C. Vaporização de matéria na superfície de um meteoro.
- D. Interação de um corpo celeste com a atmosfera terrestre.
- E. Fragmentação de um corpo em órbita na cintura de asteroides.

2.5. Identifique a face da Lua na qual é mais intenso o impacto meteorítico. Justifique a sua resposta, tendo em conta as dimensões relativas da Terra e da Lua e o facto de este satélite apresentar períodos de translação e de rotação iguais.

3) Os Condritos

Os condritos são meteoritos considerados relíquias dos estados iniciais da formação do sistema solar, pois provêm de asteroides que não sofreram diferenciação. Alguns destes meteoritos, os condritos carbonáceos, contêm uma quantidade significativa de compostos orgânicos. Os condritos apresentam uma textura formada por estruturas esféricas, os cóndrulos, inexistentes nas rochas terrestres. Estas estruturas são constituídas por silicatos, como as olivinas e as piroxenas, e estão dispersas numa matriz. Esta matriz, além destes minerais, inclui outros, resultantes da interação da água, proveniente da fusão do gelo, com os minerais originais ou de processos de metamorfismo de impacto, ocorridos durante a fase de acreção dos asteroides. O meteorito de Murchison, recolhido logo após a sua queda na Austrália em 1969, é um condrito carbonáceo com idade estimada de 4650 milhões de anos (Ma). Neste meteorito, os investigadores identificaram compostos orgânicos inexistentes na Terra, ricos no isótopo pesado de carbono ^{13}C , que se forma principalmente no espaço. Para investigar a origem extraterrestre dos compostos orgânicos é habitualmente utilizada a razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

3.1. Amostras de solo, de dimensões idênticas às do meteorito de Murchison, recolhidas em torno do local da queda apresentavam uma

- (A) razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ igual à do meteorito.
- (B) razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ inferior à do meteorito.
- (C) quantidade do isótopo ^{13}C maior do que a do meteorito.
- (D) quantidade do isótopo ^{13}C igual à do meteorito.

3.2. Considere as seguintes afirmações, referentes a diferentes corpos do sistema solar.

I. Os condritos têm sido estudados do ponto de vista petrográfico e químico.

II. Os asteroides são constituídos essencialmente por gelo e por gases.

III. Os cometas apresentam órbitas concêntricas, em torno do Sol.

- (A) III é verdadeira; I e II são falsas.
- (B) I e II são verdadeiras; III é falsa.
- (C) II e III são verdadeiras; I é falsa.
- (D) I é verdadeira; II e III são falsas.

3.3. A idade do sistema solar pode ser estimada por datação radiométrica

- (A) das rochas lunares recolhidas nas crateras de impacto de meteoritos.
- (B) de meteoritos com origem em asteroides que sofreram diferenciação.
- (C) de condritos, independentemente de possuírem compostos orgânicos.
- (D) das rochas mais antigas que constituem os cratões do planeta Terra.

3.4. A Lua é um satélite que apresenta

- (A) mares lunares onde predominam rochas básicas.
- (B) uma atmosfera densa constituída por nitrogénio.
- (C) predominância de rochas metamórficas na crosta.
- (D) a superfície coberta por sedimentos consolidados.

3.5. Os planetas telúricos apresentam uma constituição essencialmente _____, e os planetas gigantes têm _____ densidade.

- (A) rochosa ... elevada
- (B) rochosa ... baixa
- (C) gasosa ... elevada
- (D) gasosa ... baixa

3.6. De acordo com a hipótese nebular, o arrefecimento e a conseqüente condensação da nuvem de gases e de poeiras originaram os grãos metálicos e as partículas rochosas silicatadas que, por acreção, conduziram à formação de asteroides e de planetas. Explique em que medida a composição mineralógica dos cõndrulos apoia a hipótese de estas estruturas terem sido das primeiras a formar-se por condensação da nébula solar.

4) Asteróides e Cometas

Os asteróides e os cometas são corpos celestes que podem representar uma ameaça para a vida na Terra, uma vez que, se entrarem em rota de colisão com a Terra, poderão originar efeitos globais com conseqüências catastróficas. No dia 18 de Junho de 2004, foi descoberto um novo asteróide, posteriormente apelidado de 99942 Apophis. Este asteróide tem aproximadamente 270 metros de diâmetro e uma composição semelhante à de um tipo raro de meteoritos conhecidos como condritos LL, ricos em piroxenas e olivinas e com baixo teor em ferro metálico. Os primeiros dados sobre a trajetória deste asteróide faziam acreditar que o risco de colisão com a Terra era muito elevado. O conhecimento crescente sobre o Apophis permitiu que os cientistas calculassem com maior rigor a sua órbita, e concluíssem que o asteróide passaria perto da Terra em Abril de 2029, existindo a probabilidade, ainda que reduzida, de passar no «buraco de fechadura», ou seja, num estreito corredor do espaço onde a força gravítica da Terra poderia desviar o asteróide, colocando-o em rota de colisão com a Terra, em 2036. Segundo a NASA, a maneira mais adequada de lidar com um asteróide potencialmente perigoso seria enviar uma nave espacial que, ao exercer o seu efeito gravítico sobre o asteróide, o rebocaria, alterando a sua rota e evitando a colisão com a Terra. Graças a

este pequeno desvio, ampliado pela vastidão do espaço, o asteróide poderia passar a dezenas de milhares de quilómetros da Terra. Se, no entanto, ocorrer a colisão, formar-se-á uma cratera de impacto semelhante a tantas outras formadas ao longo da história da Terra. Também a Lua foi fortemente bombardeada por meteoritos no início da sua história, quando, por debaixo de uma crosta lunar primitiva, existia um magma lunar abundante. Actualmente, a superfície lunar apresenta zonas escuras resultantes do preenchimento de bacias de impacto com magma basáltico solidificado, datado de aproximadamente 3000 M.a. As zonas claras apresentam um maior número de crateras de impacto do que as zonas escuras e são mais antigas do que estas.

4.1. Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta. Se, em 2036, houver risco de colisão entre o Apophis e a Terra, isso deve-se ao facto de...

- (A) possuir dimensões muito inferiores às da Terra.
- (B) ter sido previamente atraído pela força gravítica da Terra.
- (C) ser constituído por minerais existentes na Terra.
- (D) exercer uma força gravítica sobre a Terra.

4.2. Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta. Por acreção de planetesimais, a massa da Terra foi aumentando e a conservação do calor resultante dos impactos foi um dos factores que permitiu...

- (A) o aparecimento de uma crosta rica em ferro.
- (B) a manutenção da estrutura homogénea original.
- (C) a migração gravítica dos materiais fundidos.
- (D) o aumento da rigidez dos materiais rochosos.

4.3. Classifique como verdadeira (V) ou falsa (F) cada uma das seguintes afirmações, relativas a características da Lua. Escreva apenas a letra de cada alínea, seguida de V ou de F.

- (A) Há mais de 3000 M.a., a Lua era um planeta geologicamente activo.
- (B) Terrae (os continentes) são zonas claras, ricas em minerais félsicos.
- (C) Maria (os mares) são zonas escuras, ricas em minerais ferromagnesianos.
- (D) A erosão tem reduzido o número de crateras de impacto nos mares.

5) Depósitos de água e exploração lunar

A Lua, satélite natural da Terra, apresenta morfologia irregular, alternando regiões montanhosas muito acidentadas com regiões baixas e muito planas. Como a Lua não possui atmosfera, qualquer substância na sua superfície está directamente exposta ao vácuo. A temperatura lunar varia, ao nível do solo, entre 130 °C, nas condições de insolação máxima, e -200 °C, nas condições de insolação mínima. No entanto, a Lua não é o planeta «seco» que se imaginava que fosse, e a possível origem da água lunar tem alimentado diversas pesquisas científicas. Alguns cientistas defendem que a Lua se formou pela fusão e pelo posterior arrefecimento de fragmentos resultantes da colisão de um corpo espacial com a Terra, há cerca de 4,5 mil milhões de anos. Ter-se-á, então, formado na Lua um «mar» de magma, onde haveria água, podendo parte desta ter ficado retida nos minerais em cristalização. A partir de dados recolhidos pela missão Lunar Prospector (1998), a NASA anunciou a existência de água gelada quer no polo sul, quer no polo norte. No início, o gelo parecia estar dispersamente misturado com o rególito lunar (rochas superficiais, solo e poeira) em baixas concentrações (0,3% a 1%). Todavia, os últimos resultados mostram que a água, sob a forma de gelo, está concentrada em áreas localizadas no subsolo, em latitudes elevadas. Estes dados parecem indicar que o gelo lunar terá tido origem em cometas e em meteoritos que continuamente atingiram a Lua nos primeiros momentos da sua formação. A existência de água na Lua poderá tornar possível a instalação de células de combustível neste planeta. As células de combustível são dispositivos eletroquímicos que transformam continuamente energia química em energia eléctrica, utilizando o hidrogénio. A descoberta de água lunar pode funcionar como impulsora de novas explorações espaciais, tanto mais que as naves espaciais utilizam cerca de 85% do seu combustível para saírem da influência da gravidade da Terra. Baseado em <http://nssdc.gsfc.nasa.gov> (consultado em novembro de 2011)

- 5.1. De acordo com os dados recolhidos pela missão Lunar Prospector, a água encontrada no subsolo lunar tem uma origem fundamentalmente
- (A) endógena, que remonta à fase de diferenciação.
 - (B) endógena, que remonta à fase de acreção.
 - (C) exógena, que remonta à fase de acreção.
 - (D) exógena, que remonta à fase de diferenciação.
- 5.2. Os últimos dados relativos à descoberta de gelo lunar pela missão Lunar Prospector foram obtidos a partir da observação de
- (A) crateras profundas não iluminadas pelo Sol, onde a temperatura é muito baixa.
 - (B) rochas de cor clara, onde a reflexão da luz solar é muito intensa.
 - (C) rochas superficiais densas, onde a gravidade permite a retenção do gelo.
 - (D) crateras superficiais, onde se acumula poeira de origem meteorítica.
- 5.3. Na Lua, a atividade geológica
- (A) externa é promovida pela existência de água.
 - (B) externa é evidenciada por crateras de impacto.
 - (C) interna é favorecida por correntes de convexão.
 - (D) interna atual é evidenciada por escoadas lávicas.
- 5.4. A Terra é um planeta telúrico, pois
- (A) é interior à cintura de asteroides.
 - (B) apresenta baixa densidade.
 - (C) é um planeta de reduzidas dimensões.
 - (D) apresenta crusta silicatada.
- 5.5. A idade de formação do sistema solar pode ser estimada, por datação radiométrica, a partir de:
- (A) meteoritos que evidenciam a ocorrência de atividade geológica interna nos asteroides que lhes deram origem.
 - (B) meteoritos que evidenciam a inexistência de diferenciação nos asteroides que lhes deram origem.
 - (C) rochas ígneas lunares, recolhidas em crateras de impacto de cometas.
 - (D) rochas metamórficas lunares, recolhidas em crateras de impacto de cometas.
- 5.6. O estudo dos cometas contribui para a compreensão da formação e da evolução do sistema solar, porque aqueles corpos
- (A) resultam da fragmentação de planetas primitivos.
 - (B) apresentam órbitas excêntricas à volta do Sol.
 - (C) têm uma constituição semelhante à da nébula primitiva.
 - (D) são constituídos essencialmente por gelo e rochas.
- 5.7. Ordene as letras de A a E, de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos que, segundo a teoria da nébula solar, terão ocorrido no processo de formação do sistema solar. Escreva, na folha de respostas, apenas a sequência de letras.
- A. Génese do protossol, em consequência de reações termonucleares.
 - B. Formação de protoplanetas, por fenómenos de acreção.
 - C. Contração gravítica da nébula de gases e poeiras, por efeito da força gravitacional.
 - D. Organização interna dos planetas, resultante de diferenciação.
 - E. Aglutinação de planetesimais, por ação da gravidade.
- 5.8. Explique de que modo a recente descoberta de água na Lua poderá ser vantajosa em futuros programas de exploração espacial.

6) A origem da Lua

O regime periódico e alternado das marés resulta da influência conjugada dos movimentos de translação da Lua e de rotação da Terra. Este efeito também ocorre ao nível da atmosfera e da parte sólida da Terra, embora de forma menos evidente do que na hidrosfera. O movimento giratório da Terra arrasta consigo a água dos oceanos. Os continentes representam obstáculos impossíveis de contornar, e a fricção entre a água e o fundo dos oceanos abranda o movimento da água e da Terra. Esta acção das marés está a abrandar gradualmente a rotação da Terra, estimando-se que, em cada cem mil anos, o dia aumente um segundo. À medida que a velocidade de rotação da Terra diminui, o equilíbrio de forças entre a Terra e a Lua altera-se, permitindo que a Lua se afaste mais do nosso planeta. Ao longo dos tempos, várias hipóteses têm sido elaboradas para explicar a formação da Lua:

- a da co-acreção, segundo a qual a Lua se teria formado ao mesmo tempo e a partir da mesma matéria que originou o sistema solar;
- a da fissão, que sustenta que a Lua se teria formado a partir de um pedaço da Terra que se separou desta, devido a forças centrífugas associadas ao movimento de rotação da Terra;
- a da captura, que pretende que a Lua foi um outro corpo celeste independente, que passou próximo da Terra e ficou preso ao campo gravitacional desta;
- a do impacto, que defende que a Lua seria o resultado de uma mistura de material da Terra com material de um corpo celeste (planeta Theia), pelo menos tão grande quanto o planeta Marte, que chocou com a Terra há 4500 milhões de anos (M.a.).

O conhecimento mais profundo da geologia da Lua ocorreu a partir de 1960, com o início da exploração espacial. Os materiais rochosos recolhidos na Lua e trazidos para a Terra, nas missões Apollo e Luna, revelaram, na composição química, algumas semelhanças com as rochas da Terra, mas também mostraram diferenças que se revelam significativas. Vários cientistas põem a hipótese de que a proximidade da Lua tenha influenciado a evolução das primeiras formas de vida na Terra. As estruturas biossedimentares litificadas, estromatólitos, que crescem através da acumulação de lâminas de sedimentos aprisionados pela precipitação de carbonatos, como resultado da actividade de microrganismos (cianobactérias), apoiam essa hipótese. Assim, os estromatólitos podem fornecer informações fundamentais sobre a dinâmica dos tempos primordiais da Terra, tais como o número de dias por ano, a velocidade de rotação da Terra e a periodicidade de marés. Existem estromatólitos de diversas idades, desde aproximadamente 3000 M.a. até estruturas recentes e em construção, que fornecem a oportunidade de investigar o relacionamento entre as comunidades microbianas modernas e o ambiente, possibilitando a melhor compreensão destas estruturas e dos paleoambientes.

6.1. Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta. A análise da composição química das rochas da Lua permite argumentar a favor da hipótese _____, enquanto a hipótese da captura se torna menos credível, por não permitir explicar as _____ entre os materiais da Terra e os da Lua.

- (A) da co-acreção ... semelhanças
- (B) do impacto ... semelhanças
- (C) da co-acreção ... diferenças
- (D) do impacto ... diferenças

6.2. Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta. Os dados fornecidos no texto sobre a alteração da velocidade de rotação da Terra permitem concluir que...

- (A) as forças gravitacionais exercidas entre a Terra e a Lua estão a aumentar.
- (B) a distância percorrida pela Lua, ao descrever uma órbita completa, está a diminuir.
- (C) um dia terrestre já teve uma menor duração do que a que tem actualmente.
- (D) a velocidade de translação da Terra também está a sofrer alteração.

6.3. Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta. A determinação da idade absoluta dos estromatólitos é possível, porque certos elementos químicos neles contidos...

- (A) se desintegram de uma maneira constante, originando elementos químicos mais estáveis.
- (B) não se desintegram, quaisquer que sejam os ambientes onde os fósseis se encontrem.
- (C) se desintegram de uma maneira variável, originando elementos químicos mais estáveis.
- (D) não se desintegram, permitindo a manutenção da constituição química dos elementos.

III. 2. Vulcanologia – 9 Exercícios de Exame

1) A ilha de Surtsey

A ilha de Surtsey faz parte de um sistema vulcânico submarino localizado a Sul da Islândia e associado à Crista Média Atlântica. A ilha formou-se numa erupção vulcânica que começou a 130 m abaixo do nível do mar e atingiu a superfície a 14 de Novembro de 1963. A actividade vulcânica terminou em 1967. A lava em contacto com a água a pequena profundidade provocou a emissão de nuvens de vapor e cinzas. A ilha está sujeita, durante a maior parte do ano, a mar agitado e ventos fortes. A recente formação da ilha de Surtsey e a sua imediata constituição em reserva natural permitiram o acompanhamento científico, dos pontos de vista geológico e biológico. Logo após a sua formação, foram encontradas cianobactérias (bactérias autotróficas) e fungos e, de seguida, líquenes (associação entre um ser autotrófico e um ser heterotrófico) e musgos. Posteriormente, o aparecimento das primeiras plantas com tecidos condutores ficou a dever-se ao transporte de sementes através das correntes oceânicas, do vento e das aves.

1.1 Seleccione a alternativa que completa a frase seguinte, de modo a obter uma afirmação correcta. A biodiversidade actual da ilha de Surtsey é consequência...

- (A) ...da sua fácil colonização por animais terrestres.
- (B) ... da ocupação humana desde a sua formação.
- (C) ... da sua constituição como reserva natural.
- (D) ... da instalação inicial de uma comunidade complexa.

1.2. As afirmações seguintes são referentes a fenómenos observáveis na Ilha de Surtsey. Seleccione a alternativa que as avalia correctamente.

- 1. O vulcanismo da ilha de Surtsey é do tipo efusivo e as suas lavas são fluidas.
 - 2. Segundo o Uniformitarismo, o vulcanismo de Surtsey e da Islândia é do mesmo tipo.
 - 3. Na ilha de Surtsey, encontram-se frequentemente rochas vulcânicas com fósseis.
- (A) 3. é verdadeira; 1. e 2. são falsas.
 - (B) 1.e 2. são verdadeiras; 3. é falsa.
 - (C) 2.e 3. são verdadeiras; 1. é falsa.
 - (D) 1. é verdadeira; 2. e 3. são falsas.

1.3. A ilha de Surtsey atingiu a sua área máxima de 2,8 km² em 1967. Desde então, a ilha tem vindo a diminuir de tamanho e, em 2007, a sua área reduziu-se a cerca de 1,4 km². Explique a variação verificada na área da ilha de Surtsey, desde as primeiras erupções, em 1963, até à presente data.

2) O monumento natural do Algar do Carvão, na ilha Terceira

O monumento natural do Algar do Carvão, na ilha Terceira, Açores, representado no corte geológico da Figura 1, é uma cavidade que corresponde a uma chaminé vulcânica, por onde ascendeu magma basáltico há aproximadamente 1800 anos. O algar atravessa uma camada de bagacina e de rochas traquíticas (com teor em sílica de aproximadamente 66%), originadas a partir de escoadas provenientes do vulcão do Pico Alto, localizado a norte da zona representada na Figura 1. Na parte mais profunda do algar, na rocha traquítica, formou-se uma lagoa, junto da qual existem carvões datados de aproximadamente 3300 anos pelo método do radiocarbono (14C). Em algumas zonas do algar, ocorreram desabamentos do teto e das paredes, por vezes, induzidos por atividade sísmica. Baseado em J. Nunes et al., «Monumento Natural Regional do Algar do Carvão», Atlântida, Vol. XLIX, 2004

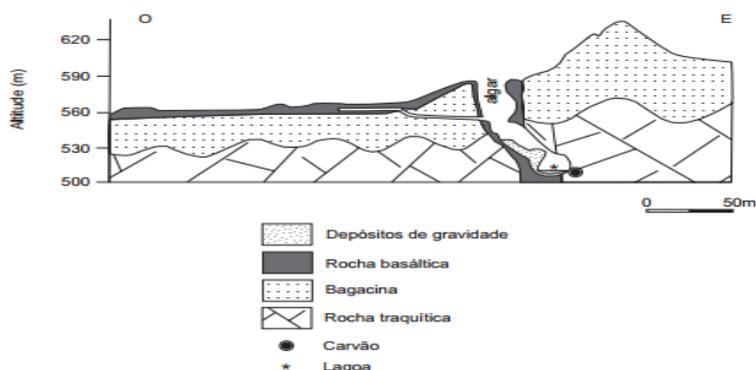


Figura 1

2.1. O carbono 14 (^{14}C) tem um período de semivida de 5730 anos. Os dados permitem inferir que os carvões do Algar possuem uma percentagem de isótopo-pai
 (A) de 50%.
 (B) de 25%.
 (C) inferior a 25%.
 (D) superior a 50%

2.2. Quando o magma ascende, a entrada de água no aparelho vulcânico, perto da superfície, contribui para _____ da pressão no sistema, o que conduz a uma atividade vulcânica _____.
 (A) uma diminuição ... explosiva
 (B) um aumento ... efusiva
 (C) um aumento ... explosiva
 (D) uma diminuição ... efusiva

2.3. As fumarolas constituem manifestações de vulcanismo _____, e a sua ocorrência está relacionada com a _____ valores de grau geotérmico registados na região dos Açores.
 (A) primário ... baixos
 (B) primário ... elevados
 (C) secundário ... baixos
 (D) secundário ... elevados

2.4. O magma basáltico, quando comparado com o magma traquítico,
 (A) contém maior teor de gases dissolvidos.
 (B) apresenta menor teor em sílica.
 (C) apresenta uma consistência mais viscosa.
 (D) possui menor percentagem de ferro e de magnésio.

2.5. Ordene as frases identificadas pelas letras de A a E, de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos geológicos evidenciados no Algar do Carvão.
 A. Acumulação de depósitos de gravidade.
 B. Projeção de material piroclástico.
 C. Emissão de lavas pobres em sílica.
 D. Formação de rocha traquítica com carvões incorporados.
 E. Esvaziamento da chaminé vulcânica.

2.6. Faça corresponder cada uma das manifestações vulcânicas, expressas na coluna A, à respetiva designação que consta da coluna B. Escreva, na folha de respostas, apenas as letras e os números correspondentes. Utilize cada letra e cada número apenas uma vez.

COLUNA A	COLUNA B
(a) Camada resultante da acumulação de lava no exterior do cone.	(1) Caldeira
(b) Material rochoso fragmentado associado a erupções explosivas.	(2) Chaminé
(c) Depressão resultante do colapso do topo da câmara magmática.	(3) Domo
	(4) Escoada
	(5) Piroclasto

3) A ilha de Santa Maria

A ilha de Santa Maria situa-se na extremidade sudeste da plataforma do arquipélago dos Açores, incluída no grupo oriental, como se representa na Figura 5A. No mapa orográfico da ilha, esquematizado na Figura 5B, destaca-se a presença de uma serra, localizada na parte central, constituída por uma cadeia de picos que culminam no Pico Alto.

Em virtude do forte levantamento sofrido pela ilha desde finais do Pliocénico, aproximadamente há 2 milhões de anos, Santa Maria é a única ilha dos Açores onde se encontram expostas importantes sequências estratigráficas de rochas sedimentares, frequentemente fossilíferas, intercaladas nas séries vulcânicas, como se representa na Figura 5C.

A ilha, de natureza vulcânica, emergiu no Miocénico, há aproximadamente 10 a 8 milhões de anos. A actividade vulcânica estendeu-se até ao Pliocénico, com fases alternadamente subaéreas e submarinas, efusivas e explosivas, e terá parado após os episódios em que grandes quantidades de piroclastos (lapili e cinzas) foram expelidas por três pequenos cones vulcânicos, localizados no centro da ilha. Estes materiais de projecção estão transformados em campos de argilas vermelhas, tendo ocorrido esta alteração num paleoclima mais quente e húmido do que o actual.

Texto elaborado com base em V International Workshop, Palaeontology in Atlantic Islands, Santa Maria, 2008

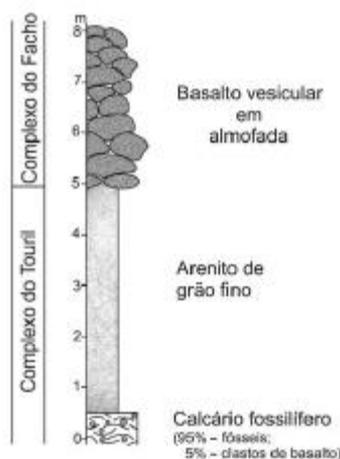


Figura 5A – Mapa geotectónico dos Açores.



Nunes et al., Os Açores, Ilhas de Geodiversidade, 2003

Figura 5B – Mapa orográfico da ilha de Santa Maria.



Kitby et al., Neogene of Santa Maria Island, 2007 (adaptado)

Figura 5C – Seção estratigráfica em Pedreira do Campo, na ilha de Santa Maria.

3.1. Selecciona a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

O enquadramento tectónico da ilha de Santa Maria, representado na Figura 5A, permite inferir que...

- (A) a sua localização, a sudeste da plataforma do arquipélago, a torna numa ilha assísmica.
- (B) na zona do Pico Alto, no centro da ilha, continua a construir-se nova crosta oceânica.
- (C) as rochas com conteúdo fossilífero são contemporâneas dos períodos de actividade vulcânica efusiva.
- (D) a actividade vulcânica parou, devido ao seu afastamento do rifte da Terceira e do rifte médio-atlântico.

3.2. Selecciona a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta. A actividade vulcânica da ilha de Santa Maria terá parado após episódios de vulcanismo _____, tendo a argila vermelha resultado da meteorização dos materiais de origem _____.

- (A) explosivo ... vulcânica
- (B) efusivo ... metamórfica
- (C) explosivo ... metamórfica
- (D) efusivo ... vulcânica.

3.3. Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

Do corte estratigráfico representado na Figura 5C, pode inferir-se que o Complexo do Facho resultou de uma actividade vulcânica _____, correspondendo a uma unidade mais _____ do que o Complexo do Touril.

- (A) subaérea ... antiga
- (B) submarina ... recente
- (C) submarina ... antiga
- (D) subaérea ... recente

3.4. Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

O basalto classifica-se, quanto ao teor em sílica, como uma rocha _____, estando esta característica relacionada com a _____ relativa de minerais ferromagnesianos na sua composição.

- (A) básica ... escassez
- (B) básica ... abundância
- (C) ácida ... abundância
- (D) ácida ... escassez

4) Fontes Hidrotermais dos Açores

A sul dos Açores, associadas à Crista Médio-Atlântica, existem fontes hidrotermais profundas. No fundo oceânico, existem pequenas mas numerosas fissuras, através das quais a água fria do oceano entra em contacto com as rochas quentes, formadas recentemente. A água aquecida sobe e arrasta consigo vários constituintes das rochas circundantes. Quando emerge do interior da Terra, no fundo oceânico, o fluido é rico em sais, muitas vezes metálicos, que se vão depositando em torno da abertura, formando uma estrutura a que se dá o nome de chaminé. Dela emanam, sem cessar, inúmeros gases ricos em metano e compostos de enxofre, criando à sua volta um ambiente único.

Nesses locais, a água circula a temperaturas que podem atingir os 400 °C, mantendo-se no estado líquido, devido às elevadas pressões a que está submetida. No entanto, a três centímetros do fluxo principal de água quente, a temperatura é a normal para essas profundidades, de apenas 2 °C. Associadas às fontes hidrotermais profundas, desenvolvem-se bactérias quimioautotróficas, que produzem compostos orgânicos a partir de carbono inorgânico e da oxidação de compostos de enxofre libertados pelas chaminés. Estes seres vivem em simbiose com organismos mais desenvolvidos. Neste ecossistema invulgar, crescem também vermes tubulares (poliquetas tubulares), moluscos bivalves e espécies estranhas de caranguejos e de camarões. O esquema da Fig2 representa o perfil da estrutura de uma fonte hidrotermal, no fundo do mar.

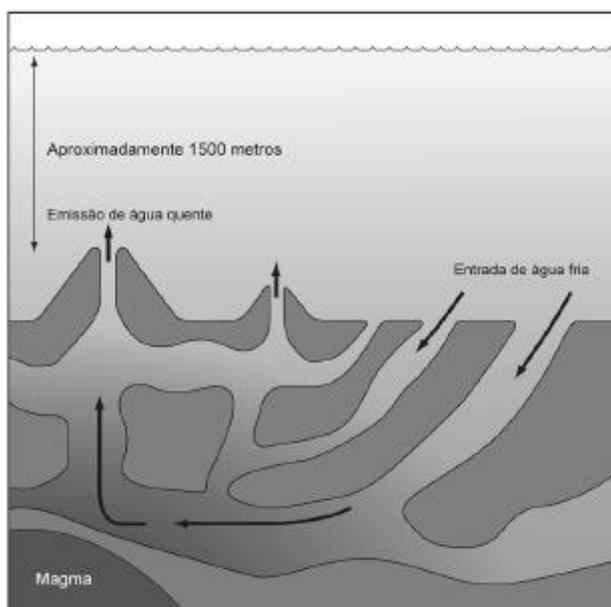


Figura 2

4.1. Seleccione a alternativa que preenche os espaços na frase seguinte, de modo a obter uma afirmação correcta. Na Crista Médio-Atlântica, a rocha-mãe do material que ascende provém _____, originando magma _____.

- (A) do manto (...), ácido
- (B) do manto (...), básico.
- (C) da crosta (...), básico.
- (D) da crosta (...), ácido.

4.2. A Crista Médio-Atlântica é um limite _____ de placas _____.

- (A) divergente (...) se afastam.
- (B) convergente (...) chocam.
- (C) divergente (...) chocam.
- (D) convergente (...) se afastam.

4.3 Relacione o aparecimento das chaminés das fontes hidrotermais profundas com os fenómenos de vulcanismo associados às cristas oceânicas.

5) O Arquipélago de Cabo Verde

O arquipélago de Cabo Verde, cuja localização está assinalada na Figura 1, fica situado numa região elevada do actual fundo oceânico. Esta elevação relaciona-se com um mecanismo do tipo hot spot oceânico, que levou à acumulação de material eruptivo nos fundos oceânicos, entre a costa africana e o rifte do Atlântico. O arquipélago teria sido formado na sequência de várias erupções vulcânicas, inicialmente do tipo central e, mais tarde, complementadas por vulcanismo fissural. As ilhas situam-se numa zona relativamente estável, dos pontos de vista vulcânico e sísmico, embora para algumas delas existam registos significativos de actividade. Nas ilhas Brava e de Santo Antão não ocorreram erupções desde o povoamento, mas a actividade sísmica é considerável. A análise da distribuição da sismicidade instrumental em Cabo Verde, no período de 1977 a 1989, representada na Figura 2, sugere que a actividade tectónica recente está bem marcada, essencialmente, a ocidente, onde se reconhecem vários alinhamentos de epicentros. É na ilha do Fogo que se encontram as formas vulcânicas mais recentes e mais bem conservadas, devido ao seu vulcanismo recente. Entre 1785 e 1995, a actividade vulcânica tornou-se mais intermitente, registando-se curtos períodos efusivos. A erupção de 1995 apresentou duas fases: a primeira, que ocorreu de 2 a 22 de Abril e que originou um cone de piroclastos, e a segunda, que ocorreu de 22 de Abril a 26 de Maio e que deu lugar a um campo de lavas aa e pahoehoe



Figura 1



Figura 2

5.1. O vulcanismo em Cabo Verde é do tipo

- (A) intraplaca, como os Açores
- (B) intraplaca, como a Madeira
- (C) interplaca, como os Açores.
- (D) interplaca, como a Madeira.

5.2. As ilhas de Cabo Verde têm origem num vulcanismo

- (A) residual, associado a uma coluna ascendente de magma mantélico.
- (B) residual, associado a fracturas da crosta, em zonas de rifte.
- (C) primário, associado a uma coluna ascendente de magma mantélico.
- (D) primário, associado a fracturas da crosta, em zonas de rifte.

5.3. Durante a actividade vulcânica de 1995, a erupção que ocorreu na segunda fase foi

- (A) efusiva, caracterizada por uma lava fluida.
- (B) explosiva, caracterizada por uma lava viscosa.
- (C) efusiva, caracterizada por uma lava viscosa.
- (D) explosiva, caracterizada por uma lava fluida.

5.4. Na região ocidental do arquipélago de Cabo Verde, o alinhamento dos epicentros sugere a existência de

- (A) falhas transformantes de orientação NO-SE.
- (B) movimentos divergentes, a oriente do arquipélago.
- (C) hot spots de orientação NO-SE.
- (D) movimentos convergentes, ao nível do rifte, a ocidente do arquipélago.

5.5. Faça corresponder cada uma das manifestações de vulcanismo expressas na coluna A à respectiva designação, que consta da coluna B. Escreva, na folha de respostas, as letras e os números correspondentes. Utilize cada letra e cada número apenas uma vez.

COLUNA A	COLUNA B
(a) Estrutura típica de lava que arrefece em contacto com a água.	(1) Géiser
(b) Escocada caracterizada por superfícies rugosas.	(2) <i>Lapilli</i>
(c) Emissão de gases vulcânicos ricos em enxofre.	(3) Lava <i>aa</i>
(d) Emissão intermitente de jactos de água em ebulição e de vapor de água.	(4) Lava em almofada
(e) Mistura de gases e de material piroclástico relativamente densa, que se desloca junto ao solo a velocidades acentuadas.	(5) Lava <i>pahoehoe</i>
	(6) Mofeta
	(7) Nuvem ardente
	(8) Sulfatara

5.6. A comparação geomorfológica entre as ilhas a oriente, de litoral baixo e arenoso, e as ilhas a ocidente, de costas altas e rochosas, apoia a hipótese de que as ilhas a oriente sejam as mais antigas. Explique de que modo a origem das ilhas de Cabo Verde e o contexto tectónico da placa africana permitem apoiar a hipótese de as ilhas a oriente serem as mais antigas.

6) O Parque Nacional de Yellowstone

O Parque Nacional de Yellowstone, o mais antigo parque nacional do mundo, está localizado nos Estados Unidos da América e cobre uma área de 8987 km².

Yellowstone é um ponto quente, com uma pluma de magma que se ergue do manto, penetrando em rochas ácidas.

Apesar da actual aparência pacífica da paisagem, Yellowstone sofreu períodos de violência extrema no último milhão de anos. Esse passado resultou na presença de milhares de fontes termais, fumarolas, géiseres e caldeiras naturais. Exemplos dessa actividade vulcânica são os géiseres, sendo o Old Faithful (Velho Fiel) um dos mais conhecidos do mundo pela regularidade das suas erupções. Os estudos dos géiseres do parque, que têm vindo a ser efectuados, sugerem que as secas provocadas pelas alterações climáticas estão a retardar as erupções regulares, podendo estas, em condições extremas, virem a cessar num futuro próximo. Entre 1998 e 2006, os geólogos acompanharam a periodicidade das erupções de cinco géiseres do parque, utilizando sensores de temperatura.

Em Yellowstone, a caldeira actual foi criada por uma erupção catastrófica que ocorreu há cerca de 640 000 anos e que libertou para a atmosfera 1000 km³ de cinza, rocha e materiais piroclásticos, que recobriram uma área de milhares de quilómetros quadrados, devastando a paisagem.

Nenhuma erupção vulcânica ocorreu em Yellowstone, desde há 70000 anos. Contudo, desde os anos 70 do século XX, os cientistas têm vindo a detectar mudanças significativas neste notável sistema vulcânico e hidrotermal, incluindo movimentos ascendentes do solo e aumento da actividade sísmica. Para acompanhar com rigor estas alterações, os cientistas colocaram 22 sismógrafos no parque. A análise dos dados registados permitiu revelar as dimensões da câmara magmática.

Das observações e dos estudos realizados recentemente, concluiu-se que estamos perante um sistema dinâmico, com episódios de ascensão e subsidência, a ocorrer em diferentes locais e em momentos distintos. Em 2006, o observatório vulcanológico de Yellowstone decidiu implementar um programa que se estenderá até 2015 e que equipará o local com sistemas de observação e de alerta mais sofisticados.

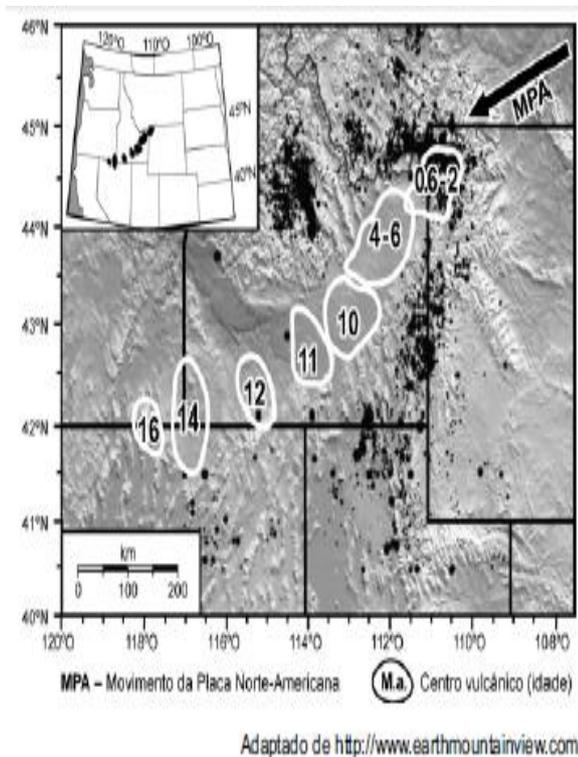


Figura 2A – Localização e idade (M.a.) dos centros vulcânicos

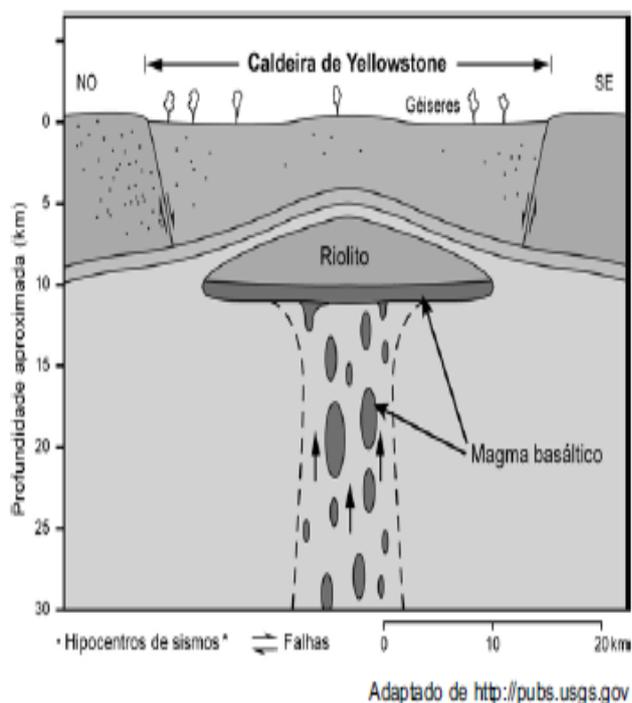


Figura 2B – Perfil da caldeira vulcânica

6.1. Selecciona a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

As posições e idades dos centros vulcânicos de Yellowstone permitem inferir que _____ está em movimento para _____.

- (A) a Placa Norte-Americana ... este
- (B) o ponto quente ... este
- (C) a Placa Norte-Americana ... oeste
- (D) o ponto quente ... oeste

6.2. Selecciona a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

A periodicidade das erupções do géiser Old Faithful alterou-se, porque o período de seca fez aumentar...

- (A) a temperatura dentro do reservatório de água.
- (B) o ponto de ebulição da água do reservatório.
- (C) a pressão da água no interior do reservatório.
- (D) o tempo de recarga do reservatório de água.

6.3. Selecciona a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

O facto de um magma basáltico apresentar menor teor em sílica do que um magma riolítico tem como consequência...

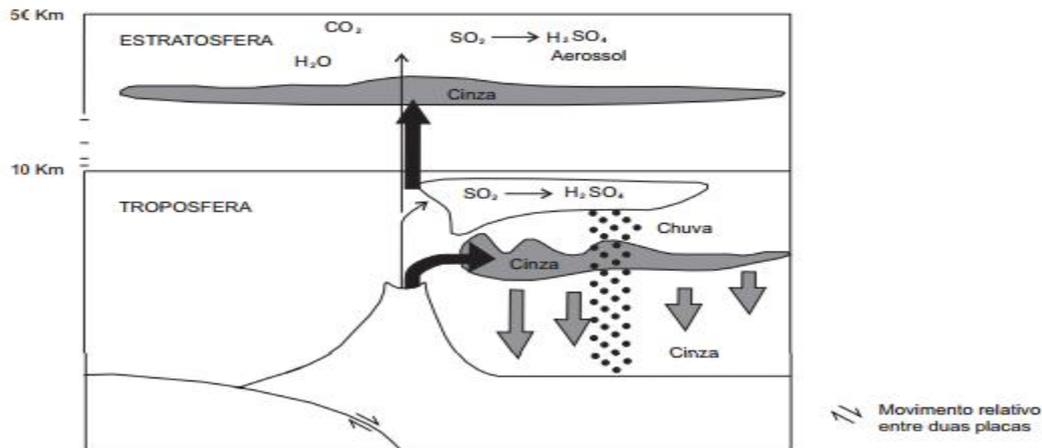
- (A) uma maior dificuldade na libertação dos gases.
- (B) uma maior facilidade na libertação dos gases.
- (C) apresentar uma consistência mais viscosa.
- (D) a formação de rochas de cor mais clara.

6.4. Pelas observações efectuadas em Yellowstone, os cientistas receiam que possam ocorrer, num futuro próximo, erupções explosivas com consequências devastadoras.

Explique a possível ocorrência de erupções explosivas, tendo em conta que a actividade vulcânica em Yellowstone se deve à existência de um ponto quente.

7) O vulcão Tambora

O vulcão Tambora situa-se, em contexto de subdução, na Indonésia. Em 1815, a erupção deste vulcão teve um grande impacto no clima terrestre, tendo o ano de 1816 ficado conhecido como o «ano sem verão». Atualmente, porém, sabe-se que as cinzas vulcânicas têm um papel negligenciável no arrefecimento da superfície terrestre, uma vez que não permanecem na atmosfera tempo suficiente para bloquear a radiação solar. No caso do Tambora, o magma que alimentou a erupção era muito rico em enxofre, tendo sido ejetadas cerca de 85 milhões de toneladas de dióxido de enxofre (SO_2) para a atmosfera. Na estratosfera, o dióxido de enxofre e o vapor de água ejetados produzem ácido sulfúrico (H_2SO_4), que forma uma nuvem de partículas submicroscópicas (aerossol) que permanece na estratosfera durante alguns anos, absorvendo parte da radiação solar. A produção de dióxido de enxofre de origem antropogénica atinge 130 milhões de toneladas anuais, mas tanto os gases emitidos pelas fontes antropogénicas, como os gases emitidos pelas pequenas erupções permanecem na troposfera. A Figura 1 ilustra a emissão de materiais para a estratosfera e para a troposfera. Baseado em Mathez, E.A. e Webster, J.D., *The Earth Machine: The Science of a Dynamic Planet*, Columbia, 2004



7.1. Em 1815, a erupção do vulcão Tambora foi essencialmente

- (A) efusiva, característica de lavas pobres em sílica.
- (B) efusiva, característica de lavas ricas em sílica.
- (C) explosiva, característica de lavas pobres em sílica.
- (D) explosiva, característica de lavas ricas em sílica.

7.2. A atividade vulcânica que ocorreu em Tambora foi

- (A) sustentada por um magma com baixa percentagem de elementos voláteis.
- (B) consequência da movimentação horizontal de duas placas litosféricas em limites conservativos.
- (C) sustentada por um magma que resultou da fusão de materiais na presença de água.
- (D) consequência da divergência de duas placas de diferente densidade.

7.3. A mobilidade da litosfera é determinada pela

- (A) condução de calor ao nível da litosfera.
- (B) convecção de materiais na astenosfera.
- (C) diferença de estado físico entre a litosfera e a astenosfera.
- (D) diferença de composição entre a litosfera e a astenosfera

7.4. Ao longo da história da Terra, ocorreram várias extinções em massa de espécies. A associação das referidas extinções a episódios vulcânicos de grandes dimensões contraria o princípio do

- (A) uniformitarismo, que defende a existência de mudanças geológicas lentas e graduais.
- (B) uniformitarismo, que defende a existência de mudanças geológicas rápidas e pontuais.
- (C) catastrofismo, que defende a existência de mudanças geológicas lentas e graduais.
- (D) catastrofismo, que defende a existência de mudanças geológicas rápidas e pontuais.

7.5. Explique a razão de apenas grandes erupções vulcânicas, como a que se verificou em Tambora, poderem causar períodos de arrefecimento global.

8) O Chaitén

O Chaitén é um vulcão situado no sul do Chile, que, até 2008, apresentava uma caldeira vulcânica preenchida, principalmente, por um domo de lava riolítica. Em Maio de 2008, o Chaitén entrou, repentinamente, em erupção, construindo um novo domo de lava a norte do anterior e produzindo uma nuvem de cinzas vulcânicas e de gases que atingiu quase 17 km de altura. A cidade de Chaitén, localizada a cerca de 10 km a sudoeste do local da erupção, ficou coberta de cinzas. Cerca de 4000 pessoas tiveram de ser evacuadas por barco. O mapa da Figura 1A evidencia a localização do Chaitén, perto da costa oeste da América do Sul. A linha X – Y ali traçada define a direcção segundo a qual foi representada, na Figura 1B, uma secção do interior da Terra, evidenciando a zona de subducção resultante da convergência entre a placa de Nazca e a placa Sul-Americana.

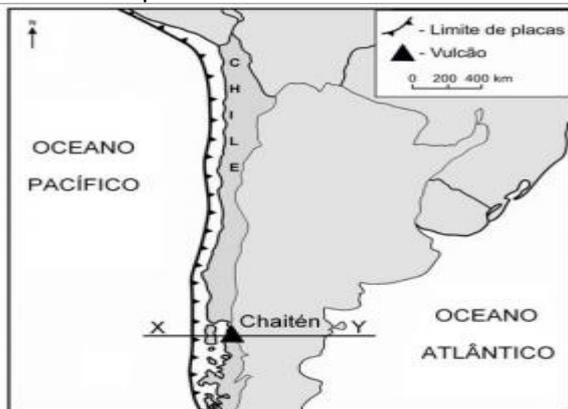
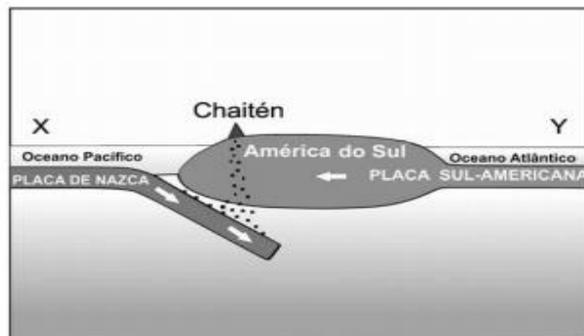


Figura 1A – Localização do vulcão Chaitén



<http://geology.com>

Figura 1B – Contexto tectónico do vulcão Chaitén

8.1. Selecciona a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta. Em limites _____ de placas, como o representado na Figura 1B, para além da actividade vulcânica, pode também ocorrer _____, resultante do aumento de temperatura e de pressão a que as rochas são sujeitas.

- (A) destrutivos ... sedimentação
- (B) destrutivos ... metamorfismo
- (C) construtivos ... sedimentação
- (D) construtivos ... metamorfismo

8.2.. A formação do domo de lava riolítica que ocupava a caldeira do Chaitén, antes da erupção de Maio de 2008, relacionou-se provavelmente com o facto de a lava ser...

- (A) muito viscosa.
- (B) pouco silicatada.
- (C) de natureza básica.
- (D) com baixo teor de gases.

8.3.. O riolito é uma rocha que apresenta textura _____, pois resulta de um _____ arrefecimento do magma.

- (A) granular ... rápido
- (B) granular ... lento
- (C) agranular ... rápido
- (D) agranular ... lento

• Textura **granular**: quando os cristais se vêm "a olho nu".

8.4. A erupção do vulcão Chaitén provocou um dos maiores desastres ecológicos numa vasta região em seu redor, nomeadamente, a nível da agricultura, por acidificação dos solos. Relacione a libertação de gases provenientes da actividade vulcânica do Chaitén com os prejuízos verificados na agricultura.

8.5. Os riscos da actividade vulcânica podem ser minimizados com monitorização adequada. Frequentemente, em regiões vulcânicas, encontram-se instaladas estações sismográficas. Explique a utilização deste processo de monitorização em zonas de elevado risco vulcânico.

9) O Nevado del Ruiz

A Colômbia é um país da América do Sul localizado num limite de convergência de placas. Possui vulcões activos, entre os quais, o Nevado del Ruiz. No dia 13 de Novembro de 1985, o vulcão entrou em erupção, tendo levado ao deslizamento de massas que provocaram a morte de 25 mil pessoas, transformando-se no pior desastre natural do país. Este vulcão, com 5389 metros de altitude, cujo cume está coberto de neve desde os 4900 metros, libertou, para além dos fluxos piroclásticos, grande quantidade de calor responsável pelo degelo das massas de água que o cobriam. A água e os piroclastos originaram um fluxo de lamas, fenómeno conhecido por lahar, que escorreram a grande velocidade pelas linhas de água, provocando efeitos devastadores. Uma hora depois de ter entrado em erupção começaram a cair cinzas vulcânicas e lapili, na cidade de Armero, localizada a 45 km da cratera vulcânica. O dia escureceu bastante e choveu intensamente. A cidade de Ambalema, situada no vale do rio Lagunilla, a 80 km da cratera, sofreu esta catástrofe quatro horas após o início da erupção principal. A área do vale mais próxima do rio Lagunilla ficou coberta por um manto de lama cujo volume foi estimado em 300 milhões de metros cúbicos.

9.1. Classifique como verdadeira (V) ou falsa (F) cada uma das afirmações seguintes, relativas à caracterização do lahar.

- (A) O lahar é um fluxo de lamas onde os piroclastos ficam instáveis pela saturação com água.
- (B) O lahar é um fenómeno que só pode ser observado em vulcões com lavas fluidas.
- (C) A elevada densidade das massas em deslocação permite o transporte de grandes blocos rochosos.
- (D) O fluxo de lamas é função das características geológicas, topográficas e climáticas da região.
- (E) As lamas em movimento possuem grande poder erosivo, devido às elevadas pressões que exercem.
- (F) No lahar, a acção da água é determinante, porque faz diminuir o atrito e aumentar o peso.
- (G) A deslocação é lenta, porque o movimento em massa arrasta detritos de grandes dimensões.
- (H) À medida que se desloca no vale, vai perdendo resistência interna e deposita primeiro os blocos menores.

9.2. Seleccione a alternativa que completa a frase seguinte, de modo a obter uma afirmação correcta. Os movimentos em massa são modeladores do relevo da superfície terrestre, porque actuam como...

- (A) ... agentes de erosão, de transporte e de deposição.
- (B) ... forças que provocam o aparecimento de falhas.
- (C) ... forças que provocam a formação de dobras.
- (D) ... agentes de meteorização e factores climáticos.

9.3. Seleccione a alternativa que preenche os espaços na frase seguinte, de modo a obter uma afirmação correcta.

O vulcão descrito emite lava _____ e forma cones elevados, de vertentes _____.

- (A) intermédia (...) acentuadas.
- (B) básica (...) acentuadas.
- (C) básica (...) suaves.
- (D) intermédia (...) suaves.

9.4. Seleccione a alternativa que preenche os espaços na frase seguinte, de modo a obter uma afirmação correcta. O magma é classificado em função da sua temperatura e da sua _____, correspondendo a uma mistura silicatada, em fusão, _____ gases dissolvidos.

- (A) composição química (...) sem
- (B) composição química (...) com
- (C) localização (...) sem
- (D) localização (...) com

9.5. A ocupação antrópica de locais próximos dos vulcões torna as populações vulneráveis e potencia a perda de vidas humanas. Relacione as medidas de prevenção que devem ser tomadas, para evitar novas tragédias, com as características geológicas da região do Nevado del Ruiz.