

## Prova de Avaliação 4

### GRUPO I (50 pontos = 5x5 + 10 + 15)

1

As Selvagens são um pequeno grupo de ilhas vulcânicas pertencentes ao arquipélago da Madeira. Estas ilhas são constituídas por dois vulcões edificadas na litosfera oceânica. A sua origem ainda é objeto de discussão, mas a hipótese mais aceite é a da existência de um hotspot associado ao movimento lento da placa Africana sobre uma ou mais plumas térmicas. A Selvagem Grande, a maior das ilhas, é encimada por uma zona planáltica na qual se destaca o Pico da Atalaia, 163 m acima do atual nível médio das águas do mar. A sua coluna vulcano-estratigráfica simplificada está representada na Figura 1. O Complexo Vulcânico Inferior, formado em ambiente marinho, é constituído por rochas com cristais de maior dimensão incluídos numa matriz microcristalina, que alternam com brechas e com tufos vulcânicos. As rochas deste complexo são subsaturadas em sílica e foram datadas com base em  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Sobre esta sequência litológica assenta um complexo sedimentar que inclui rochas carbonatadas com fósseis marinhos datados do Miocénico e rochas detríticas resultantes da erosão das rochas vulcânicas. Segue-se o Complexo Vulcânico Superior, constituído por tufos vulcânicos e *lapilli*, que alternam com escoadas lávicas essencialmente basálticas.

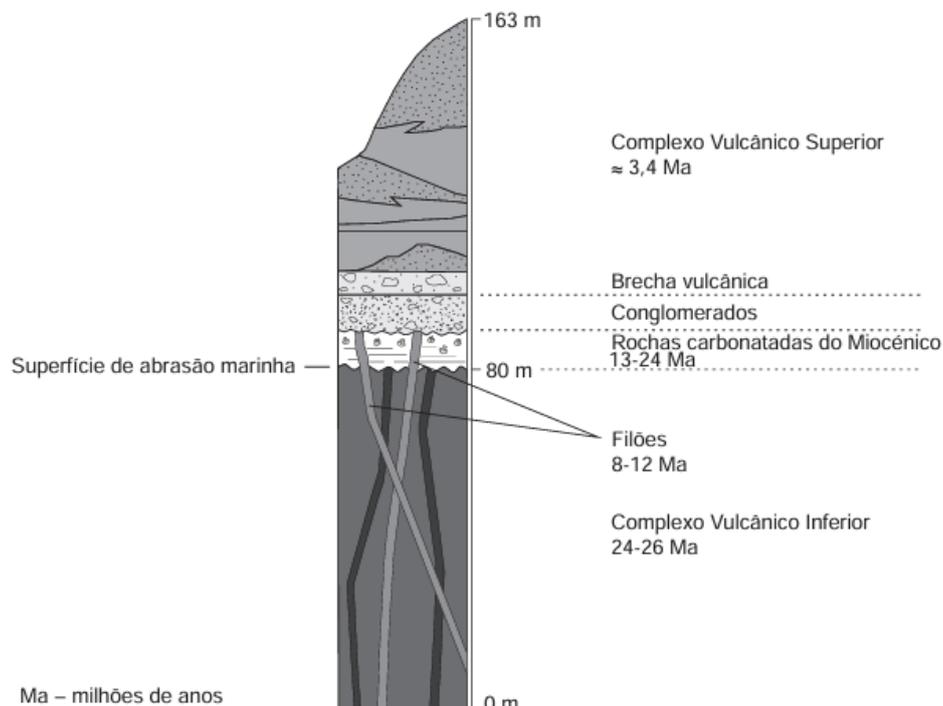


Figura 1 – Coluna vulcano-estratigráfica da Selvagem Grande

1. Considerando que o período de semivida do  $^{40}\text{Ar}$  é 1248 milhões de anos, as rochas do Complexo Vulcânico Inferior, comparativamente com as rochas do Complexo Vulcânico Superior, apresentam uma razão  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

- (A) menor, e em ambos os complexos esta razão é inferior a 1.
- (B) menor, e em ambos os complexos esta razão é superior a 1.
- (C) maior, e em ambos os complexos esta razão é inferior a 1.
- (D) maior, e em ambos os complexos esta razão é superior a 1.

2. Considere as afirmações seguintes, referentes às rochas que constituem as ilhas Selvagens. De acordo com os dados,

- I. a idade das rochas vulcânicas foi estimada com recurso a isótopos instáveis.
  - II. as rochas carbonatadas são mais antigas do que os organismos fossilizados nelas contidos.
  - III. na datação das rochas sedimentares recorreu-se a fósseis com uma grande distribuição estratigráfica.
- (A) III é verdadeira; I e II são falsas.
  - (B) II e III são verdadeiras; I é falsa.
  - (C) I é verdadeira; II e III são falsas.
  - (D) I e II são verdadeiras; III é falsa.

3. Os arenitos formam-se a partir das areias, devido a processos de

- (A) erosão seguidos de transporte.
- (B) compactação seguidos de cimentação
- (C) meteorização seguidos de desidratação
- (D) recristalização seguidos de sedimentação

4. Associar a extinção da Era paleozoica ao impacto de um meteorito ou a episódios vulcânicos de grandes dimensões é contrariar o \_\_\_\_\_, de acordo com o qual as mudanças geológicas da história da Terra terão sido \_\_\_\_\_.

- (A) uniformitarismo... lentas e graduais.
- (B) uniformitarismo... rápidas e pontuais.
- (C) catastrofismo... lentas e graduais.
- (D) catastrofismo... rápidas e pontuais.

5. Afirmações do tipo “A extinção de *Mesosaurus* pode atribuir-se a um evento único, de grandes proporções, localizado no tempo”, generalizadas a outros seres vivos, enquadram-se em hipóteses

- (A) catastrofistas.
- (B) atualistas.

(C) uniformitaristas.

(D) mobilistas.

6. Ordene as expressões identificadas pelas letras de A a E, de modo a reconstituir parte da história geológica da Selva Grande.

A. Formação de rochas sedimentares detríticas de grão grosseiro.

B. Erupções vulcânicas subaéreas.

C. Instalação de filões em estratos com fósseis miocénicos.

D. Erupções vulcânicas subaquáticas.

E. Deposição de sedimentos carbonatados.

7. Há cerca de 400 Ma, no Devónico, surgiu a camada de ozono, que permitiu o desenvolvimento da vida em ambientes terrestres.

Explique as interações Biosfera - Atmosfera - Biosfera, tendo em conta a origem da camada de ozono e a expansão da vida em meio terrestre.

## GRUPO II (60 pontos = 5x5 + 10 + 10 + 15)

O termo anglo-saxónico *shale* é usado para designar as rochas sedimentares com granularidade muito fina, predominantemente argilíticas, que apresentam fissibilidade, isto é, que se separam em folhas delgadas paralelas à superfície de estratificação. Estas rochas têm, em muitos casos, cor escura e podem conter gás metano (CH<sub>4</sub>), também conhecido como gás de shale<sup>1</sup>. A formação do gás de *shale* está relacionada com a atividade bacteriana. Trata-se de um processo complexo que envolve várias espécies de organismos unicelulares, como a espécie *Methanosaeta pelagica*, um organismo anaeróbio pertencente ao domínio Archaea, presente nos sedimentos marinhos. A extração de gás metano a partir de *shale* só se tornou possível no final do século XX, com o desenvolvimento do método de *fracking* (fraturação hidráulica), representado na Figura 2. O método consiste em injetar, a alta pressão, grandes volumes de água misturada com areia e aditivos químicos.

4

Apesar da importância que a exploração do gás de *shale* pode vir a assumir em termos energéticos, económicos e políticos, várias agências norte-americanas têm advertido para os perigos ambientais que podem resultar da utilização do método de *fracking*. Em Portugal, a formação geológica de Brenha é uma das formações com potencial para a exploração do gás de *shale*. Esta formação geológica resultou da deposição de sedimentos em ambiente marinho profundo, na Bacia Lusitânica - zona oeste da Península Ibérica.

### Nota:

<sup>1</sup>Gás de *shale* - muitas vezes designado como gás de xisto

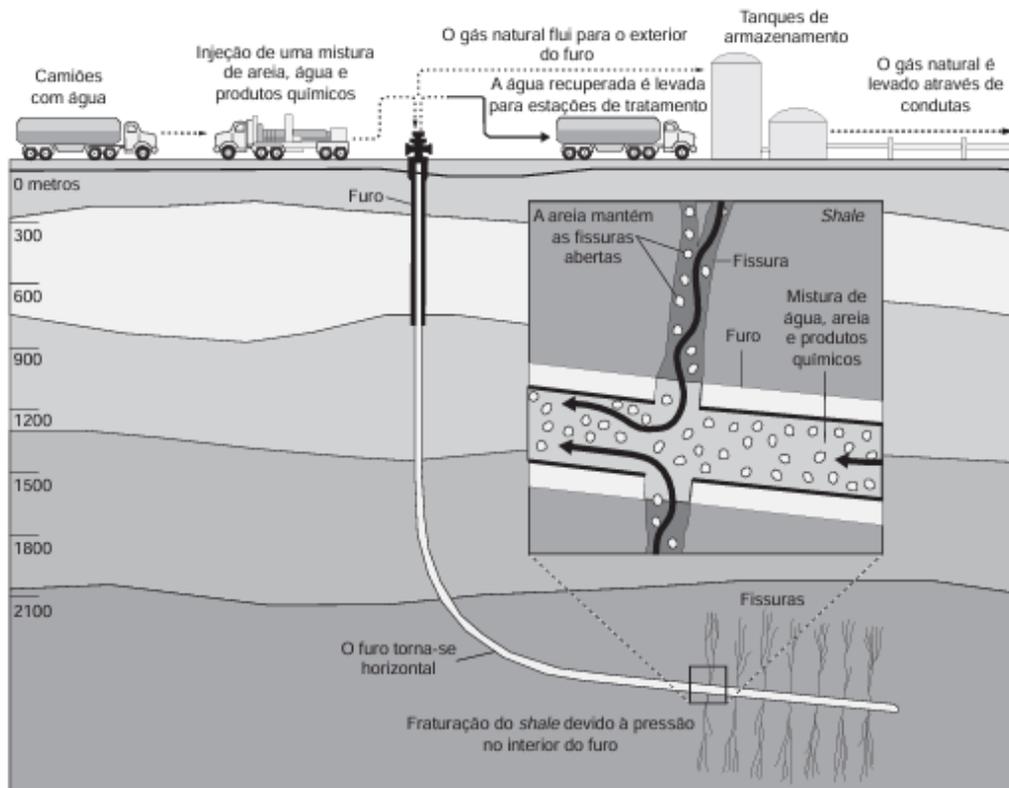


Figura 2 – Fraturação hidráulica

Baseado em: P. Barrett, «The underground solution», in *Bloomberg Businessweek*, 7 de novembro de 2011  
em: <https://edu.glogster.com> (consultado em setembro de 2018).

1. Na formação de Brenha, a presença de fósseis de amonites, seres contemporâneos dos dinossauros, permite inferir,

- (A) por datação relativa, que os sedimentos se depositaram no Paleozoico.
- (B) por datação absoluta, que os sedimentos se depositaram no Paleozoico.
- (C) por datação absoluta, que os sedimentos se depositaram no Mesozoico.
- (D) por datação relativa, que os sedimentos se depositaram no Mesozoico.

2. Na formação de Brenha, foram encontrados fósseis de rinoceronte com cerca de 16 Ma, o que permite deduzir que, nessa época, a região corresponderia a uma savana.

A dedução enunciada na afirmação anterior baseia-se no Princípio

- (A) do Catastrofismo.
- (B) da Sobreposição dos Estratos.
- (C) da Identidade Paleontológica.
- (D) do Atualismo.

3. A presença de fósseis de trilobites em estratos sedimentares do permite determinar a idade \_\_\_\_\_ dessas rochas se esses fósseis apresentarem uma reduzida distribuição \_\_\_\_\_.

- (A) absoluta ... geográfica
- (B) relativa ... geográfica
- (C) absoluta ... estratigráfica
- (D) relativa ... estratigráfica

4. A inferência das condições ambientais que existiam no passado, a partir do conhecimento do conteúdo fóssil presente num determinado estrato, baseia-se no princípio

- (A) do atualismo.
- (B) da identidade paleontológica.
- (C) do catastrofismo.
- (D) da sobreposição dos estratos.

5. A datação efetuada através de isótopos permite obter a idade \_\_\_\_\_ de uma rocha. Esta datação é possível devido à \_\_\_\_\_ de certos isótopos.

- (A) radiométrica... estabilidade
- (B) radiométrica... instabilidade
- (C) relativa... instabilidade
- (D) relativa... estabilidade

6. O molusco *Pereraia gervaisi* é um fóssil de idade, pois esta espécie viveu num período de tempo relativamente

- (A) curto e apresenta grande distribuição estratigráfica.
- (B) longo e apresenta reduzida distribuição estratigráfica.
- (C) curto e apresenta grande dispersão geográfica.
- (D) longo e apresenta reduzida dispersão geográfica.

7. Faça corresponder cada uma das descrições relativas à formação de rochas sedimentares expressas na coluna A ao respetivo processo, que consta na coluna B.

COLUNA A	COLUNA B
(a) Processo que altera as características das rochas à superfície da Terra.	(1) Diagénese
(b) Acumulação de detritos por ação da gravidade.	(2) Erosão
(c) Transformação de sedimentos soltos em rochas sedimentares consolidadas.	(3) Meteorização
	(4) Sedimentação
	(5) Transporte

8. Considere os seguintes dados:

- A água líquida a baixa temperatura retém maior quantidade de oxigénio dissolvido do que a água líquida a temperaturas mais elevadas
- A maior concentração de organismos vivos do mundo (por volume ocorre ao longo da costa da Antártida

Explique, tendo em conta os dados fornecidos, em que medida o efeito dos glaciares da Antártida exemplifica uma interação entre o subsistema hidrosfera e o subsistema biosfera.

## GRUPO III (50 pontos = 5x5 + 10 + 15)

De forma a contribuir para a avaliação do potencial de utilização da vegetação aquática característica de zonas ricas em urânio na bioindicação de contaminações de urânio e/ou na fitorremediação (utilização de plantas para a remoção de contaminantes de águas contaminadas com este metal, uma equipa de investigadores analisou 71 espécies de plantas aquáticas de uma vasta área, correspondente à região uranífera das Beiras.

Os jazigos uraníferos da área estudada localizam-se em granitos e nas zonas envolventes. Grande parte destes jazigos foram objeto de exploração, tendo sido privilegiado o processo de lixiviação, como principal método de beneficiação do minério.

Amostragem foi realizada praticamente em toda a área da província uranífera. Os pontos de amostragem foram estabelecidos em cursos de água, nos locais onde foi possível observar a ocorrência de espécies aquáticas. Nestes locais, foram colhidas tanto amostras de água como de plantas aquáticas flutuantes ou enraizadas. Toda a amostragem inclui 185 locais, tendo sido identificadas 71 espécies, pertencentes a 41 famílias diferentes.

Para a análise do teor de urânio as águas foram filtradas e acidificadas. As plantas foram lavadas, primeiro em água corrente e depois em água destilada, para remover qualquer resíduo de solo ou outras impurezas, e posteriormente foram secas em estufa a 60°C e moídas para a análise química.

Na tabela 1 apresenta-se um sumário dos resultados analíticos das amostras de águas, estando as concentrações de urânio expressas em µg/L.

Na tabela 2 apresenta-se um sumário dos resultados analíticos das amostras das plantas mais representativas da área estudada, estando as concentrações de urânio expressas em mg/kg de peso seco.

	Média	Máximo	Mínimo
Linhas de água fora da influência das minas (n = 170)	1,76	9,39	0,23
Linhas de água sob influência das drenagens das minas (n = 15)	139,4	1220,4	11,32

Espécie	n	Média
<i>Callitriche stagnalis</i>	131	34,51
<i>Callitriche brutia</i>	43	4,03
<i>Callitriche lusitanica</i>	21	4,56
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	64	4,95
<i>Ranunculus peltatus</i>	5	5,11
<i>Potamogeton natans</i>	11	15,33
<i>Spirodella polyrizha</i>	5	4,10
<i>Apium nodiiflorum</i>	31	4,17

n = amostras

Baseado em J. Pratas et al., "Acumulação de urânio em plantas aquáticas (região uranífera das Beiras): possibilidades de bioindicação e fitorremediação", VII Congresso Nacional de Geologia, 2010

1. Os resultados da investigação apresentada permitem concluir que a concentração de urânio é
  - (A) maior nas linhas de água mais próximas dos granitos.
  - (B) menor nas linhas de água mais próximas dos granitos.
  - (C) maior nas linhas de água sujeitas à influência da drenagem das minas.
  - (D) menor nas linhas de água sujeitas à influência da drenagem das minas.
  
2. O objetivo da investigação descrita foi avaliar
  - (A) a concentração média de urânio no conjunto das plantas aquáticas da região.
  - (B) o efeito das minas nas águas subterrâneas da zona de exploração dos jazigos uraníferos.
  - (C) o impacto do processo de lixiviação como principal método de beneficiação do minério.
  - (D) a relação entre as concentrações de urânio na vegetação aquática e na água.
  
3. Para um mesmo isótopo radioativo, quando se comparam granitos mais antigos com granitos mais recentes, é de esperar que
  - (A) o período de semivida do isótopo-pai seja menor nos granitos mais recentes.
  - (B) a razão isótopo-pai / isótopo filho seja maior nos granitos mais antigos.
  - (C) o período de semivida do isótopo-pai seja maior nos granitos mais recentes.
  - (D) a razão isótopo-pai / isótopo-filho seja menor nos granitos mais antigos.
  
4. Ordene as expressões identificadas pelas letras A a E, de modo a reconstituir a sequência de zonas da superfície da Terra que se encontram, ao progredir para Oeste, a partir da região uranífera das Beiras.
  - A. Dorsal oceânica.
  - B. Planície abissal.
  - C. Plataforma continental.
  - D. Talude continental.
  - E. Zonas continentais emersas.
  
5. O conhecimento do interior da geosfera tem resultado da utilização de vários métodos. Consideram-se métodos indiretos e diretos, respetivamente,
  - (A) a geotermia e o estudo de fragmentos do manto transportados pelos magmas.
  - (B) as sondagens e a análise da variação da velocidade das ondas sísmicas.
  - (C) a análise da variação da velocidade das ondas sísmicas e a geotermia.
  - (D) o estudo de fragmentos do manto transportados pelos magmas e as sondagens.

6. Associe a cada grupo de rochas apresentado na Coluna I as afirmações da Coluna II que lhe podem corresponder. Cada um dos números deve ser associado apenas a uma letra e todos os números devem ser utilizados.

Escreva na folha de respostas cada letra da Coluna I seguida do número ou dos números (de 1 a 9) correspondente(s).

COLUNA I	COLUNA II
(a) Rocha sedimentar	(1) Resulta da recristalização de minerais a elevadas pressões.
(b) Rocha magmática	(2) Forma-se como resultado de tensões dirigidas.
(c) Rocha metamórfica	(3) Forma-se por processos de cimentação.
	(4) Forma-se por contacto com uma intrusão magmática.
	(5) Resulta da solidificação de material silicatado.
	(6) Apresenta uma textura foliada.
	(7) Resulta de detritos de rochas pré-existentes.
	(8) Cristaliza em profundidade ou à superfície.
	(9) Resulta da precipitação de sais dissolvidos na água.

7. Explique, de acordo com os resultados obtidos, de que forma a espécie *Callitriche stagnalis* pode contribuir para a recuperação de ecossistemas aquáticos contaminados com urânio.

## GRUPO IV (40 pontos = 5x6 + 10)

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 côndrulos, 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  $^{13}\text{C}$ , que se forma principalmente no espaço. Para investigar a origem extraterrestre dos compostos orgânicos é habitualmente utilizada a razão  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ .

Baseado em C.C. Plummer et al., *Physical Geology*, 10th ed., New York, McGraw-Hill, 2005 e em L. Alonso, «Astrobiología - vida extraterrestre», *Investigación y Ciencia*, n.º 454 de julho 2014

10

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  $^{13}\text{C}$  maior do que a do meteorito.
- (D) quantidade do isótopo  $^{13}\text{C}$  igual à do meteorito

2. Os minérios metálicos situados em profundidade podem ser localizados pela deteção de anomalias gravimétricas \_\_\_\_\_, o que constitui um método \_\_\_\_\_ para o estudo do interior da Terra.

- (A) positivas ... direto
- (B) positivas ... indireto
- (C) negativas ... direto
- (D) negativas ... indireto

3. O isótopo de urânio  $^{238}\text{U}$  tem uma semivida de aproximadamente 4500 Ma, por isso, \_\_\_\_\_ após a formação do granito, ele deverá conter cerca de \_\_\_\_\_ do teor inicial de  $^{238}\text{U}$ .

- (A) 2250 Ma ... 25%
- (B) 2250 Ma ... 50%
- (C) 4500 Ma ... 25%
- (D) 4500 Ma ... 50%

4. Em 1972, numa das missões à Lua, os astronautas da Apollo 16 detetaram anomalias na órbita de um satélite artificial por eles lançado, acabando este por se despenhar no solo lunar. Mais tarde o acidente foi explicado pela existência de locais com anomalias gravimétricas positivas em determinadas zonas da superfície lunar, denominadas *mascons*. Estas zonas encontram-se normalmente debaixo de crateras de impacto situadas nos mares lunares.

4.1. Anomalias gravimétricas positivas detetadas na Lua evidenciam

- (A) uma distribuição homogénea das rochas na crosta.
- (B) a existência de regiões onde as rochas são muito densas.
- (C) uma dissipação de calor mais intensa nos *mascons*
- (D) a manifestação de forças de gravidade idênticas em toda a crosta.

4.2. A análise das rochas recolhidas na Lua pelas missões espaciais Apollo constitui um método \_\_\_\_\_, que contribui para o conhecimento da estrutura da Terra, tal como os dados fornecidos \_\_\_\_\_.

- (A) direto... pela sismologia
- (B) direto... pelo vulcanismo
- (C) indireto... pela sismologia
- (D) indireto... pelo vulcanismo

5. Em zonas montanhosas estáveis, verificam-se anomalias gravimétricas \_\_\_\_\_, e o fluxo térmico é \_\_\_\_\_ que em zonas de rifte.

- (A) positivas... menor
- (B) positivas... maior
- (C) negativas... maior
- (D) negativas... menor

6. Faça corresponder cada uma das descrições relativas à morfologia dos fundos oceânicos, expressas na coluna A, à respetiva designação, que consta da coluna B.

COLUNA A	COLUNA B
(a) Área extensa, com declives muito suaves, situada a grande profundidade.	(1) Dorsal oceânica
(b) Depressão alongada, associada a fronteira destrutiva de placas.	(2) Fossa oceânica
(c) Zona com inclinação fraca, adjacente à faixa costeira.	(3) Planície abissal
	(4) Plataforma continental
	(5) Talude continental