



Componentes do projeto:
Manual do aluno
A Aventura da Terra (oferta ao aluno)
Caderno de atividades
Livromédia (inclui Realidade Aumentada)



23,88 € IVA incluído



Conforme o novo
Acordo Ortográfico
da língua portuguesa

Projeto **Desafios**

EDIÇÃO REVISTA
DE ACORDO COM AS NOVAS
M E T A S
CURRICULARES

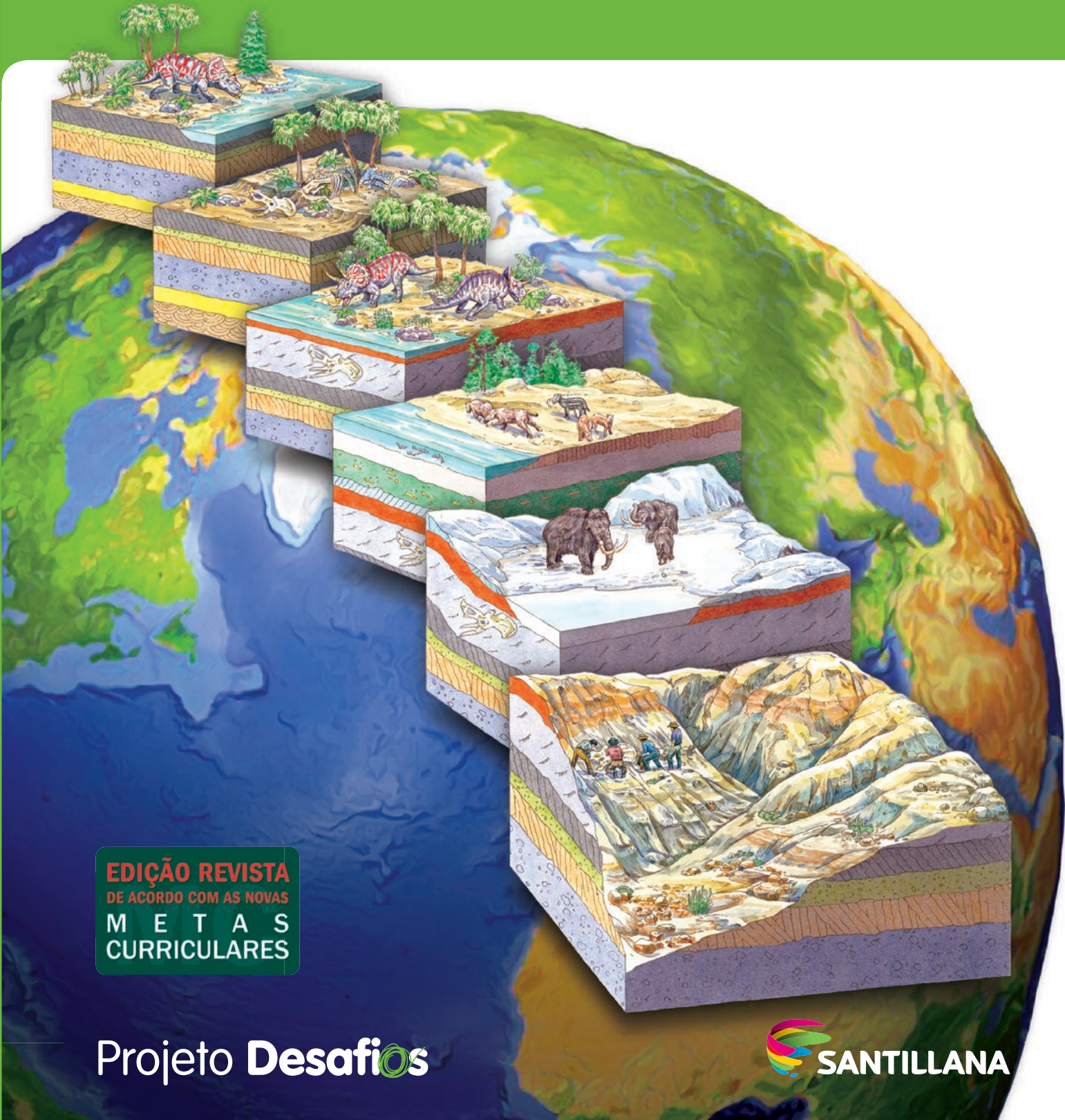
Ciências Naturais
Projeto **Desafios**
SANTILLANA

Ciências Naturais

Cristina Carrajola, Luísa Martin e Teresa Hilário
Consultores científicos: Henrique Cabral, Jorge Ferreira e Raquel Costa

EDIÇÃO REVISTA
DE ACORDO COM AS NOVAS
M E T A S
CURRICULARES

Projeto **Desafios**



Ciências Naturais

7^o
ano

Conhece o teu livro

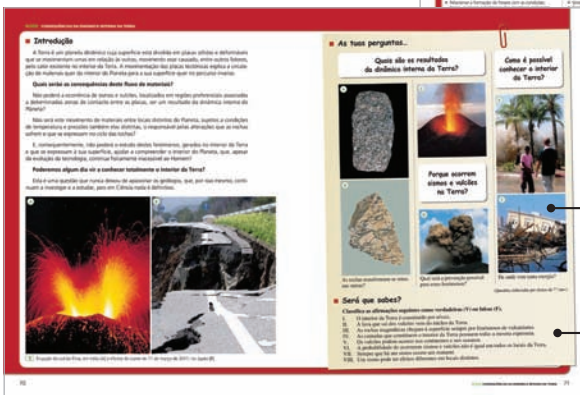
O teu manual de Ciências Naturais está dividido por blocos, que estão organizados por unidades. Ao longo deste manual, vais encontrar diferentes tipos de páginas.

Bloco

Quatro páginas introdutórias para apresentação dos conteúdos.



Descrição dos objetivos que deves atingir.



As tuas perguntas... irão permitir que inicies uma reflexão sobre os conteúdos a abordar.

Será que sabes? Para recordares o que já aprendeste, em anos anteriores.

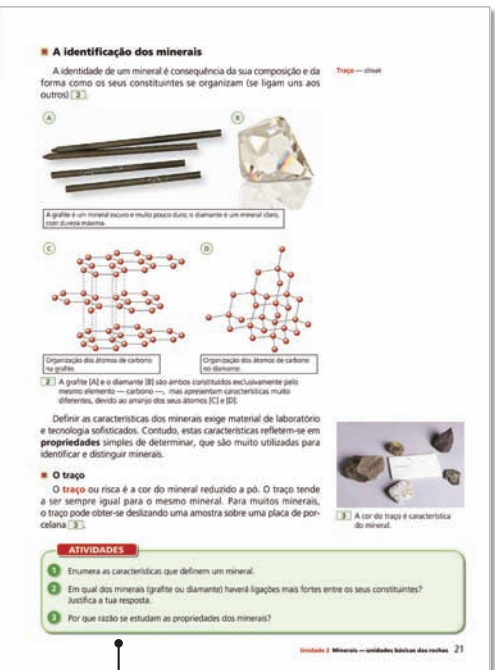
Unidade



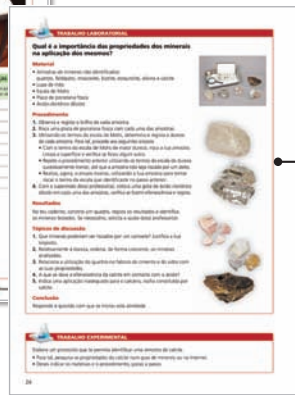
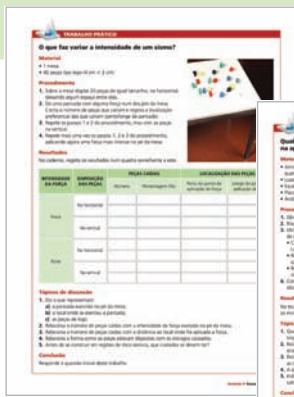
Os conceitos-chave estão assinalados e estão traduzidos para inglês na margem, para facilitar a pesquisa de mais informação.

Texto expositivo claro, acessível e rigoroso. Os termos e ideias principais estão destacados a negrito.

As imagens e os esquemas são auxiliares para a compreensão dos conteúdos.

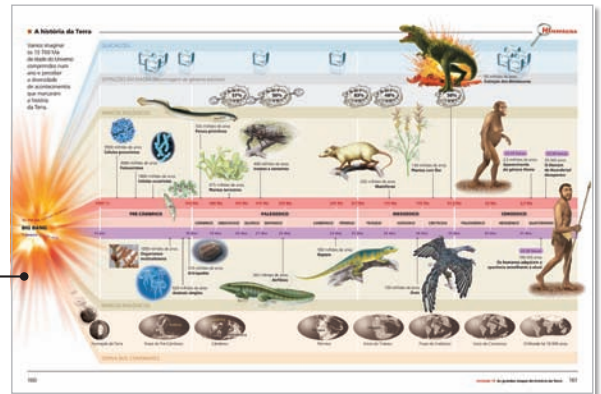


Ao longo da apresentação dos conteúdos, há atividades com as quais podes verificar e aplicar os teus conhecimentos e trabalhar diferentes competências.



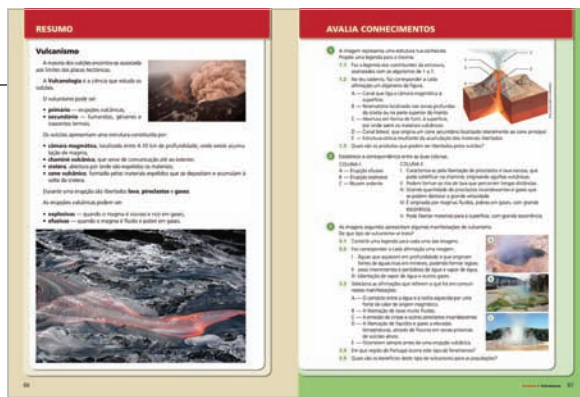
As propostas de **trabalhos práticos, trabalhos laboratoriais e trabalhos experimentais** permitir-te-ão testar, simular e verificar alguns dos conceitos e teorias abordados.

Para integrares os conteúdos abordados e ampliases alguns dos teus conhecimentos, encontrarás páginas onde a informação é apresentada através de infografias, de forma bastante apelativa.



Resumo

No fim da unidade, encontras uma síntese das ideias principais.

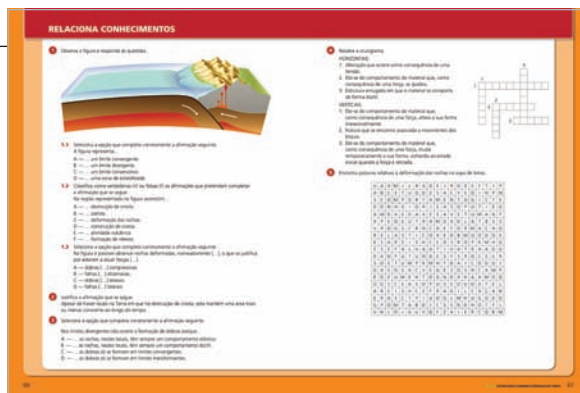


Avalia conhecimentos

No fim da unidade, terás **atividades** para avaliares os teus conhecimentos.

Relaciona conhecimentos

Para relacionares diferentes conteúdos, no fim de algumas unidades existem páginas com atividades e não só, que te permitirão também consolidar os conhecimentos.



Saída de campo

Através das propostas de saídas de campo que te são apresentadas no fim de alguns blocos, poderás observar, recolher dados, ampliar e consolidar os teus conhecimentos.

BLOCO

DINÂMICA EXTERNA DA TERRA 10

Introdução	12
As tuas perguntas...	13
Será que sabes?	13

Unidade

1 Paisagens geológicas 14

1.1 Tipos de paisagens geológicas	14
Resumo	17
Avalia conhecimentos	18

Unidade

2 Minerais — unidades básicas das rochas 20

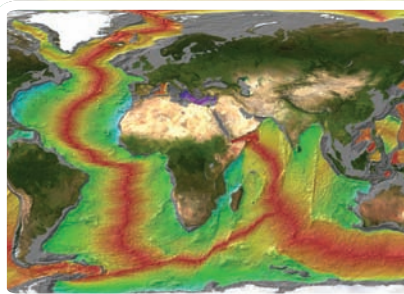
2.1 Diversidade de minerais	20
Resumo	25
Avalia conhecimentos	26

Unidade

3 Rochas sedimentares 28

3.1 Ação da água, do vento e dos seres vivos sobre as rochas	28
3.2 Formação das rochas sedimentares	29
Resumo	39
Avalia conhecimentos	40
Relaciona conhecimentos	41

BLOCO

ESTRUTURA E DINÂMICA INTERNA DA TERRA 42

Introdução	44
------------	----

As tuas perguntas...	45
Será que sabes?	45

Unidade

4 Deriva continental e tectónica de placas 46

4.1 A Teoria da Deriva Continental	46
4.2 Os contributos que permitiram perceber o movimento dos continentes e a expansão dos fundos oceânicos	49
4.3 A Teoria da Tectónica de Placas	54
Resumo	57
Avalia conhecimentos	58

Unidade

5 Deformação das rochas 60

5.1 A reação das rochas quando sujeitas a tensões	60
Resumo	64
Avalia conhecimentos	65
Relaciona conhecimentos	66

BLOCO

CONSEQUÊNCIAS DA DINÂMICA INTERNA DA TERRA 68

Introdução	70
As tuas perguntas...	71
Será que sabes?	71

Unidade

6 Vulcanismo 72

6.1 Os vulcões	72
Resumo	86
Avalia conhecimentos	87

Unidade

7 Rochas magmáticas e rochas metamórficas 88

7.1 As rochas magmáticas	88
7.2 Metamorfismo e rochas metamórficas	91
Resumo	95
Avalia conhecimentos	96

Unidade

8 Ciclo das rochas e formações litológicas 98

8.1 Ciclo das rochas	98
----------------------	----

8.2	Formações litológicas em Portugal	100
	Resumo	105
	Avalia conhecimentos	106
Unidade 9	Sismologia	108
9.1	Os sismos	108
	Resumo	122
	Avalia conhecimentos	123
Unidade 10	Estrutura interna da Terra	124
10.1	Os métodos de estudo da estrutura da Terra	124
10.2	Instrumentos tecnológicos que permitem compreender a estrutura interna da Terra	125
10.3	Contributos para o conhecimento do interior da Terra	126
10.4	Os modelos da estrutura interna da Terra	127
	Resumo	129
	Avalia conhecimentos	130
	Relaciona conhecimentos	131

BLOCO

A TERRA CONTA A SUA HISTÓRIA

132



Introdução	134
As tuas perguntas...	135
Será que sabes?	135

Unidade

11	Os fósseis e a reconstituição da história da Terra	136
11.1	A Paleontologia e os fósseis	136
11.2	A fossilização	138
11.3	Os grandes grupos de fósseis	145
11.4	O que dizem os fósseis	147
	Resumo	150
	Avalia conhecimentos	151

Unidade

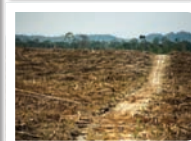
12	As grandes etapas da história da Terra	152
12.1	A cronologia dos acontecimentos que marcaram a Terra	152

12.2	Os grandes acontecimentos	158
	Saída de campo	164
	Resumo	165
	Avalia conhecimentos	166
	Relaciona conhecimentos	167

BLOCO

CIÊNCIA GEOLÓGICA E SUSTENTABILIDADE

168



Introdução	170
As tuas perguntas...	171
Será que sabes?	171

Unidade

13	Contributo da Geologia para a sustentabilidade da vida na Terra	172
13.1	Intervenção do ser humano nos processos geológicos	172
13.2	Ambiente geológico e saúde	175
13.3	Geologia e sustentabilidade da vida na Terra	179
	Resumo	183
	Avalia conhecimentos	184

ANEXOS	186
---------------	-----

GLOSSÁRIO	188
------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	191
---------------------	-----

FONTES FOTOGRÁFICAS	192
----------------------------	-----

Trabalho em Ciências Naturais

No laboratório



- 1 Frasco de esguicho
- 2 Autoclave
- 3 Balança
- 4 Lupa binocular
- 5 Suporte para tubos de ensaio
- 6 Lupa de relógio
- 7 Caixas de Petri
- 8 Pipeta
- 9 Tubos de ensaio
- 10 Microscópio
- 11 Pinça para tubos de ensaio

Regras de trabalho



Seguir as instruções com rigor.



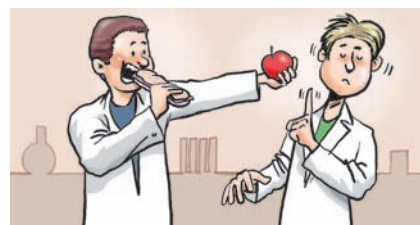
Usar bata e cabelos apanhados.



Ter o espaço de trabalho limpo e arrumado.



Manusear o material e os reagentes com cuidado.



Não comer nem beber.

No campo



- 1 Redes para capturar e recolher alguns seres vivos
- 2 Caderno de campo
- 3 Guia de campo
- 4 Binóculos
- 5 Lupa de bolso
- 6 Embalagens e sacos de plástico para recolher amostras
- 7 Máquina fotográfica
- 8 Bússola
- 9 Mapa do local
- 10 Etiquetas e marcadores

Regras de trabalho



Preparar-se antecipadamente para a visita.



Preparar o material necessário.



Usar roupa, chapéu e calçado adequados à visita.



Cumprir as regras indicadas pelo professor.



Não danificar nem sujar o local.

Como se constrói...

... um póster

VULCANISMO

BRITO, João; SILVA, Marco; TAVARES, Maria
Ciências Naturais, 7.º B, Escola EB 2,3 MC

Este trabalho irá abordar o vulcanismo primário e secundário e os materiais expelidos pelos vulcões.

VULCANISMO PRIMÁRIO



Nas erupções vulcânicas são libertadas substâncias:

- Sólidas
 -  Blocos
 -  Bombas
 -  Lapili
 -  Cinzas
- Líquidas
 -  Lava encordoadã
 -  Lava escoriácea
 -  Lava em almofada
- Gasosas
 -  Vapor de água, em maior quantidade, dióxido de carbono, dióxido de enxofre e outros.

VULCANISMO SECUNDÁRIO



Géiser – jato intermitente de água quente.



Fumarola – emissão de gases a elevada temperatura.



Fonte termal – água quente rica em sais minerais.

O vulcanismo pode ser primário ou secundário.
O vulcanismo primário manifesta-se através de erupções vulcânicas que libertam vários materiais.
O vulcanismo secundário manifesta-se pela libertação de água e de gases a elevadas temperaturas.

ALLABY, M. (2008) *Planeta Terra*, Lisboa: Círculo de Leitores
CARRAJOLA, C.; HILÁRIO, T.; MARTIN, L (2012) *Projeto desafios*,
Ciências Naturais, Lisboa: Santillana.

Título

Nome do trabalho e dos autores.

Introdução

Breve contextualização do trabalho.

Desenvolvimento

Exposição dos dados e resultados obtidos, com recurso a texto e ilustrações.

Conclusão

Síntese das ideias principais.

Bibliografia

Lista dos livros, revistas e dos sites da Internet consultados.

... um relatório

Pode apresentar-se desta forma:

Escola _____

Nome _____ Turma ____ N.º ____ Data ____ / ____ / ____

Objetivos — O que se pretende aprender/testar com esta atividade.

Material — Lista do material utilizado.

Procedimento — Indicações pormenorizadas dos passos seguidos.

Resultados — Observações (os resultados podem ser expressos sob a forma de textos, quadros, gráficos ou textos sintéticos).

Discussão dos resultados — Justificação dos resultados obtidos; respostas aos tópicos de discussão.

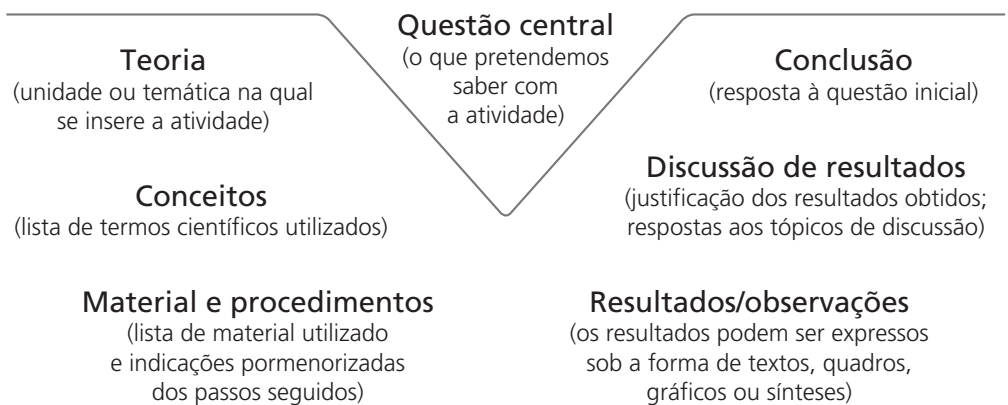
Conclusão — Resposta ao objetivo (deve ser sintética).

Bibliografia — Lista dos livros, jornais, revistas e *sites* da Internet consultados e referidos no texto.

Ou desta forma:

Escola _____

Nome _____ Turma ____ N.º ____ Data ____ / ____ / ____



DINÂMICA EXTERNA DA TERRA



No fim deste bloco deverás ser capaz de:

- Identificar paisagens de rochas vulcânicas, plutónicas, sedimentares e metamórficas através das suas principais características.
- Dar exemplos de paisagens magmáticas, sedimentares e metamórficas em território português.
- Identificar o tipo de paisagem existente na região onde habitas.
- Enunciar o conceito de mineral.
- Identificar minerais nas rochas.
- Identificar propriedades nos minerais através do uso de tabelas.
- Resumir a ação dos agentes externos (água, vento e seres vivos) sobre as rochas.
- Explicar as fases de formação da maior parte das rochas sedimentares.



Unidades

1

Paisagens geológicas

14

2

Minerais — unidades básicas das rochas

20

3

Rochas sedimentares

28



- Identificar os principais tipos de rochas sedimentares, detríticas, quimiogénicas e biogénicas.
- Associar algumas características das areias aos diferentes tipos de ambientes.

VISITA DE ESTUDO A UM MUSEU GEOLÓGICO

No nosso país existem museus geológicos que podes visitar. Podes encontrá-los: em Coimbra (Museu Mineralógico e Geológico, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra), em Sintra (Museu de História Natural), em Lisboa (Museu Geológico e Museu de História Natural), no Porto (Museu de Mineralogia) e podes ainda visitar o Museu da Lourinhã, entre outros.

■ Introdução

Ao longo da vida da Terra, a sua superfície tem sido exposta a processos que transformaram o seu aspeto, resultando daí paisagens geológicas que se caracterizam pelo tipo de rochas existentes e pelo tipo de agentes que sobre elas atuam.

As rochas distinguem-se pela sua composição e características, que são o reflexo dos seus constituintes fundamentais, os minerais. As diferentes associações de minerais originam as diferentes rochas que se podem observar à superfície do nosso planeta.

À superfície, as rochas são continuamente alteradas por agentes naturais, como a água, o vento, o frio, o calor e os seres vivos, dando origem a sedimentos, que estão na base da formação das rochas mais representativas da superfície — as rochas sedimentares **1**.

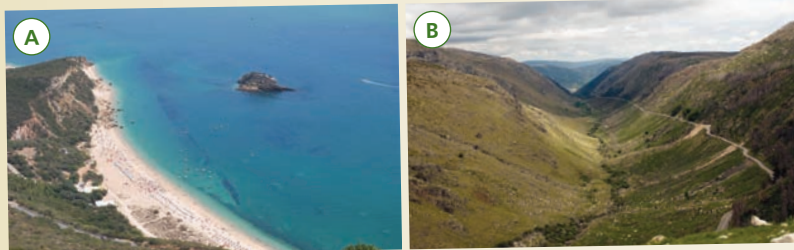
A energia solar e a gravidade são responsáveis por todo este processo dinâmico de modificação das paisagens geológicas ao longo do tempo, tema que parece constituir um infindável objeto de estudo para os geólogos.



1 Os sedimentos que resultam da alteração das rochas à superfície originam as rochas sedimentares.

■ As tuas perguntas...

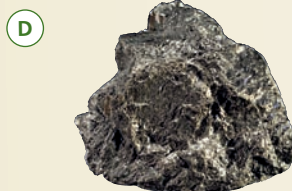
As rochas e as paisagens estão relacionadas?



De onde vem tanta areia?



Como se relaciona esta rocha com os seres vivos?



Qual é a relação entre a amostra de rocha E e os minerais F, G e H?

E



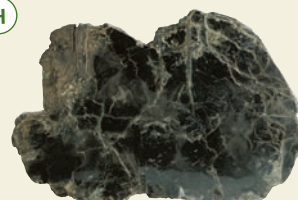
F



G



H



■ Será que sabes?

Classifica as afirmações seguintes como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. As rochas podem ter origem nos seres vivos.
- II. Os minerais são constituintes das rochas e são sólidos.
- III. As paisagens magmáticas e metamórficas são iguais.
- IV. A água, o vento e os seres vivos alteram as rochas.
- V. De acordo com as rochas predominantes, as paisagens adquirem determinadas características.
- VI. Só há rochas nos continentes.
- VII. Os diferentes tipos de rochas formam-se em profundidade.
- VIII. As características das areias dependem dos seus locais de formação.

Paisagens geológicas

1.1 Tipos de paisagens geológicas

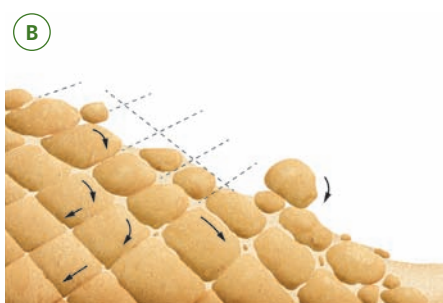
As paisagens geológicas no nosso planeta, e no nosso país, são muito diversas. Um olhar mais profundo sobre elas dá-nos indicações sobre os principais fenómenos que estiveram na sua origem.

Tendo em conta as suas principais características, podemos distinguir três tipos de paisagens geológicas: a paisagem magmática (plutónica e vulcânica), a paisagem sedimentar e a paisagem metamórfica.

■ As paisagens magmáticas

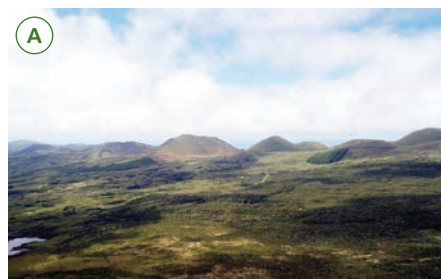
As **paisagens magmáticas plutónicas** são frequentemente identificadas pela presença de granito (rocha que resulta da solidificação lenta do magma) mais ou menos alterado.

O granito, quando exposto à superfície, começa a sofrer alterações, abrindo fissuras — as **diáclases** —, que se tornam cada vez maiores devido à atuação da água da chuva e à ação das raízes das plantas **1A**. Formam-se, então, grandes blocos de granito, que podem permanecer no local ou desprender-se e amontoar-se, constituindo a paisagem característica desta rocha — o **caos de blocos** **1B** e **1C**.



1 Paisagem granítica [A]. Formação do caos de blocos [B]. Caos de blocos na região de Vinhais [C].

As **paisagens magmáticas vulcânicas** revelam, de uma forma mais ou menos direta, a existência de vulcanismo ao longo do percurso histórico da região. Podem evidenciar-se pela presença, entre outras estruturas, de **cones vulcânicos** **2A**, agulhas vulcânicas ou **caldeiras** **2B**.



2 Paisagem vulcânica: Cones vulcânicos na ilha do Faial [A]. Caldeira vulcânica na ilha do Faial [B].

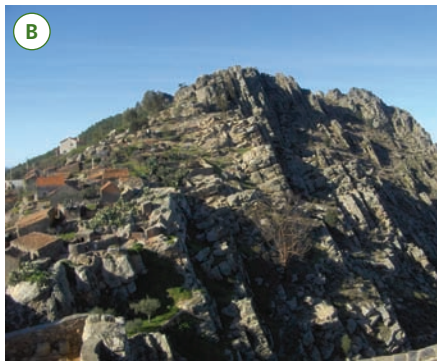
A presença de **basalto** — rocha escura que resulta da solidificação da lava emitida por muitos vulcões — é também característica deste tipo de paisagens. Tal como o granito, o basalto, quando exposto às condições da superfície terrestre, é instável, alterando-se de forma típica e originando colunas em forma de prisma. Tal alteração designa-se por **disjunção prismática do basalto** **3**.



3 Paisagem vulcânica: Disjunção prismática do basalto, Santa Maria, Açores [A] e [B].

■ As paisagens metamórficas

As paisagens metamórficas caracterizam-se pela existência de rochas muito deformadas, apresentando algumas delas foliação — organização em camadas. As deformações que as rochas apresentam resultaram da ação, a seco, de temperaturas e pressões elevadas típicas dos locais da sua origem **4** e **5**.



4 Paisagens metamórficas: Quartzitos — Penedo Durão, Freixo de Espada à Cinta [A]; Penha Garcia, Idanha-a-Nova [B].



5 Paisagens metamórficas: Xistos — Cabeça de Carneiro, Alandroal [A]; Mós, Moncorvo [B].

■ As paisagens sedimentares

A diversidade de paisagens sedimentares depende não só do tipo de rocha mais abundante na região, como também do tipo de agente que preferencialmente a alterou, como por exemplo o vento ou a água.

À superfície, as rochas tendem a desagregar-se e dar origem a areias, que podem depois ser transportadas e acumuladas pelo mar ou pelo vento, formando, respetivamente, **praias e dunas** [6].



[6] Paisagens sedimentares — Praia da Dona Ana, Lagos [A]; Dunas, Aveiro [B].

A evaporação da água contendo minerais em solução, em zonas calmas e pouco profundas, pode também originar paisagens características [7A].

Quando as rochas possuem elementos constituintes com diferentes resistências à ação contínua da água, como, por exemplo, no caso das areias com grandes seixos, podem formar-se as **chaminés de fada** [7B] e [7C].

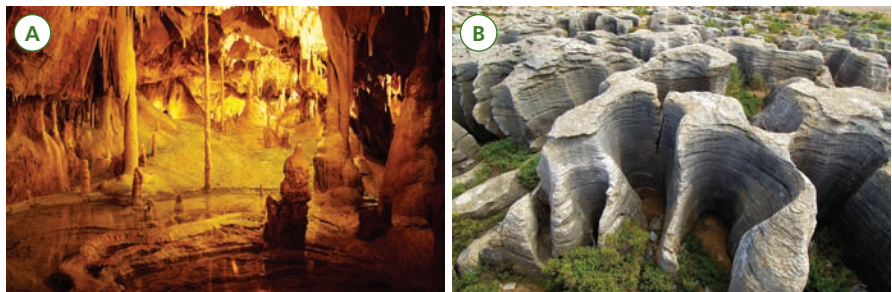


[7] Paisagens sedimentares — Minas de sal-gema, Loulé [A]; Chaminés de fada, Vila Nova de Ceira, Góis [B]; Processo de formação das chaminés de fada [C].

As **grutas** [8A] ou os **campos de lapiaz** [8B] são exemplos de paisagens sedimentares que resultam da dissolução do calcário quando sujeito à ação da chuva.

ATIVIDADE

- 1 As paisagens geológicas são mais diversas do que as apresentadas. Pesquisa informação sobre as paisagens geológicas da tua zona. Elabora um póster e apresenta-o à turma.



[8] Paisagens sedimentares — Grutas, Alvados [A]; Campos de lapiaz, Cabo Carvoeiro [B].

Paisagens geológicas

As paisagens geológicas são muito diversas e dão-nos indicações sobre os principais fenómenos que estiveram na sua origem.

Podemos encontrar na Natureza três tipos de paisagens geológicas:

- Paisagens magmáticas (plutónicas e vulcânicas);
- Paisagens sedimentares;
- Paisagens metamórficas.

As **paisagens magmáticas plutónicas** são frequentemente identificadas pela presença de granito, que pode apresentar-se sob a forma de caos de blocos.

As **paisagens magmáticas vulcânicas** caracterizam-se pela presença de basalto, que pode originar colunas (disjunção prismática do basalto).

As **paisagens metamórficas** apresentam rochas muito deformadas, resultado de temperaturas e pressões elevadas.

As **paisagens sedimentares** são muito diversas e dependem do tipo de rocha mais abundante na região e do tipo de agente que a alterou.



AVALIA CONHECIMENTOS

- 1** A sequência de imagens representa a transformação típica de uma rocha. Observa-a e responde às questões.



- 1.1** Identifica o tipo de paisagem representado nas figuras.
- 1.2** Da lista de termos que se seguem, seleciona apenas um para legendar cada uma das etapas (A, B e C).
- Caos de blocos • Disjunção prismática • Rede de diáclases • Lapiaz • Granito • Basalto
- 1.3** Indica dois agentes que contribuam para a evolução representada nas imagens.

- 2** Observa, com atenção, as imagens e seleciona a opção que completa corretamente a frase.



As paisagens representadas são...

- A — ... todas magmáticas.
B — ... todas metamórficas.
C — ... todas sedimentares.
D — ... sedimentares, nos casos A e B, e magmática, em C.

- 2.1** Identifica o agente erosivo e explica o seu papel em cada um dos casos.

- 3** A figura ao lado representa uma série de cones vulcânicos que se podem observar na ilha do Faial, Açores.

- 3.1** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.

Nesta paisagem é de prever a abundância de rochas...

- A — ... de qualquer tipo.
B — ... magmáticas.
C — ... metamórficas.
D — ... sedimentares.

- 3.2** Comenta a afirmação seguinte.

A observação desta paisagem dá-nos indicações sobre o seu passado geológico.



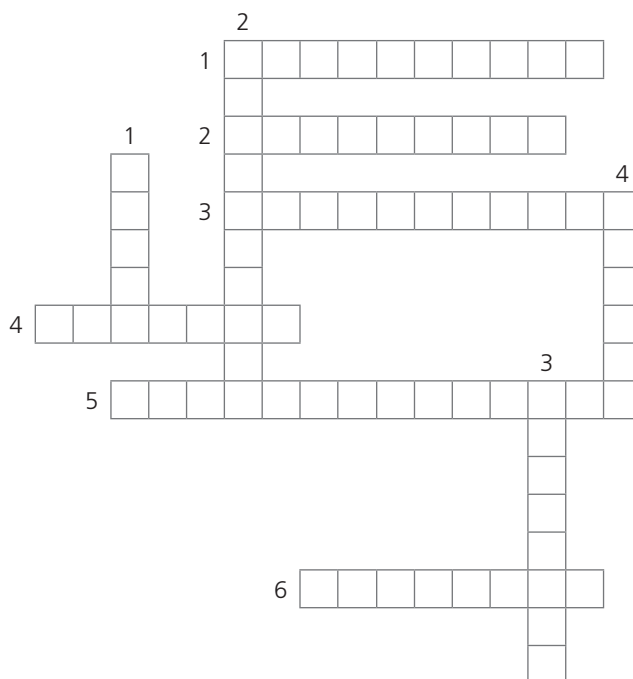
4 Resolve o crucigrama.

HORIZONTAIS:

1. Rocha mais representativa da superfície terrestre.
2. Fissuras que resultam da alteração do granito.
3. Paisagem que se caracteriza pela presença de rochas muito deformadas.
4. Rocha cuja alteração à superfície origina colunas em forma de prisma.
5. Paisagem típica do granito.
6. Rocha cuja dissolução pode dar origem a grutas.

VERTICAIS:

1. Resultam do transporte de areias pelo vento.
2. Resultam da alteração das rochas à superfície.
3. Paisagem magmática vulcânica.
4. Constituintes das praias e das dunas.



5 Lê o texto e responde às questões.

A atividade vulcânica é bem visível na ilha da Terceira: no Algar do Carvão pode descer-se até às profundezas de um antigo vulcão que não foi totalmente preenchido pela lava, decorado por estalactites formadas por lava solidificada. Outro local com vestígios de atividade vulcânica é o miradouro da serra do Cume, feito de diferentes pastos, que constitui uma das maiores caldeiras dos Açores, com aproximadamente 15 quilómetros de diâmetro.



http://economico.sapo.pt/noticias/acoes-o-pico-da-viagem_178832.html, consultado em setembro de 2013 (adaptado)

5.1 Qual é a paisagem geológica referida no texto?

5.2 Indica em que região de Portugal se pode encontrar esta paisagem.

5.3 Selecciona a opção que completa corretamente a afirmação seguinte.

Os aspetos típicos da paisagem geológica referida no texto são [...], cuja rocha predominante é [...].

- A — blocos de granito e calcário [...] o basalto
- B — cones vulcânicos e caldeira [...] o basalto
- C — blocos de granito e calcário [...] o granito
- D — cones vulcânicos e caldeira [...] o granito

Minerais — unidades básicas das rochas

2.1 Diversidade de minerais

Mineral — *mineral*
Rocha — *rock*

Os **minerais** são substâncias naturais que se associam e originam diferentes tipos de **rochas**. Por exemplo, no granito podemos encontrar como minerais mais característicos o quartzo, o feldspato, as micas, a biotite e a moscovite; no basalto encontramos olivina; no xisto estauro-lítico encontramos a estauroлите; no mármore encontramos calcite **1**.

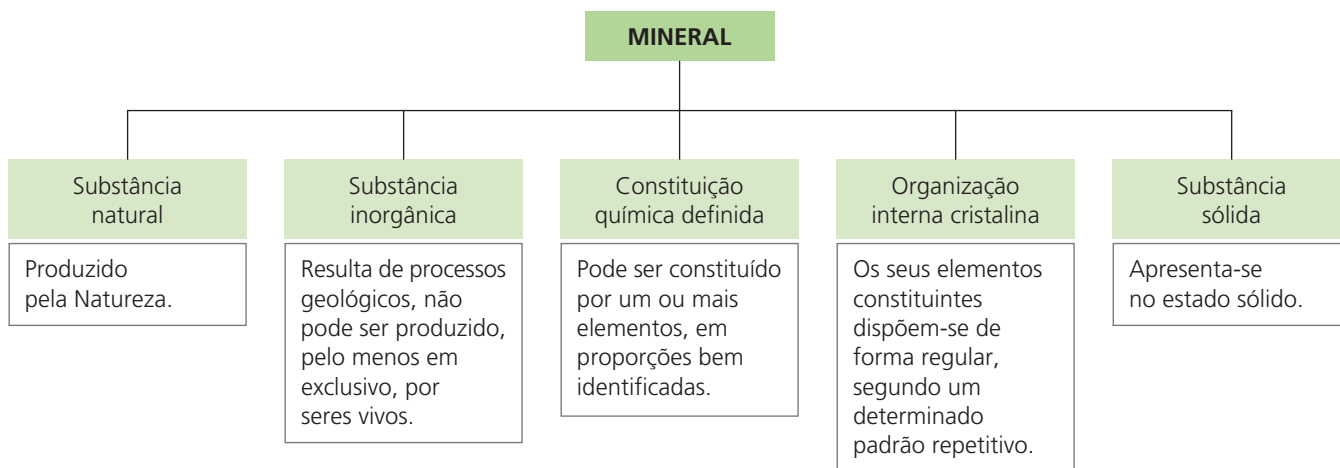
Na Natureza, a diversidade de **minerais** é muito elevada.

Um mineral caracteriza-se por apresentar determinadas características:

- estado físico sólido;
- origem inorgânica natural;
- constituição química definida;
- estrutura interna cristalina.



1 As rochas são associações de minerais. Os minerais distinguem-se uns dos outros por várias propriedades, como, por exemplo, o brilho, a dureza ou a forma como se quebram.



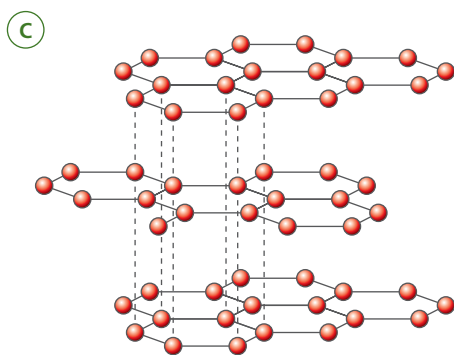
A identificação dos minerais

A identidade de um mineral é consequência da sua composição e da forma como os seus constituintes se organizam (se ligam uns aos outros) [2].

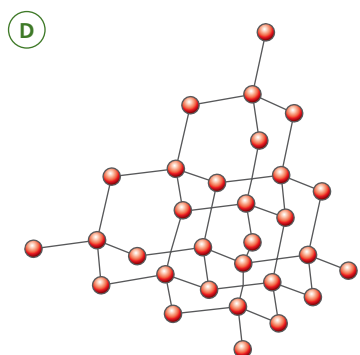
Traço — *streak*



A grafite é um mineral escuro e muito pouco duro; o diamante é um mineral claro, com dureza máxima.



Organização dos átomos de carbono na grafite.



Organização dos átomos de carbono no diamante.

[2] A grafite [A] e o diamante [B] são ambos constituídos exclusivamente pelo mesmo elemento — carbono —, mas apresentam características muito diferentes, devido ao arranjo dos seus átomos [C] e [D].

Definir as características dos minerais exige material de laboratório e tecnologia sofisticados. Contudo, estas características refletem-se em **propriedades** simples de determinar, que são muito utilizadas para identificar e distinguir minerais.

O traço

O **traço** ou risca é a cor do mineral reduzido a pó. O traço tende a ser sempre igual para o mesmo mineral. Para muitos minerais, o traço pode obter-se deslizando uma amostra sobre uma placa de porcelana [3].



[3] A cor do traço é característica do mineral.

ATIVIDADES

- 1 Enumera as características que definem um mineral.
- 2 Em qual dos minerais (grafite ou diamante) haverá ligações mais fortes entre os seus constituintes? Justifica a tua resposta.
- 3 Por que razão se estudam as propriedades dos minerais?

Cor — color
Brilho — luster

A cor

A **cor** não é a melhor forma de identificar um mineral, pois, apesar de alguns minerais apresentarem sempre a mesma cor, há outros que podem apresentar cores diversas, devido à presença de impurezas ou a pequenos defeitos na estrutura cristalina. Além disso, diferentes minerais podem ter a mesma cor, o que também contribui para considerar a cor como uma propriedade com menor valor classificativo do que outras propriedades **4**.

A



B



C



D



4 A galena [A] apresenta sempre a cor cinzenta; contudo, a magnetite [B], entre outras cores, também pode apresentar a cor cinzenta. O quartzo [C e D] pode apresentar várias cores diferentes.

O brilho

O **brilho** é a forma como a superfície do mineral reflete a luz. Classifica-se de acordo com a reflexão da luz pelo mineral, denominando-se brilho metálico, se for semelhante ao dos metais, nacarado, se for semelhante ao brilho das pérolas, e vítreo, se fizer lembrar a forma como o vidro reflete a luz **5**.

A



B



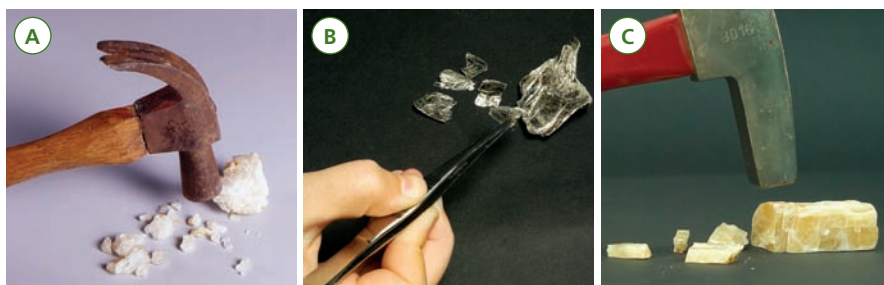
C



5 O cobre [A] apresenta brilho metálico, a olivina [B] apresenta brilho vítreo e o talco [C] possui um brilho nacarado.

■ A clivagem e a fratura

Quando sujeitos a tensão, os minerais quebram-se. Fazem-no de maneiras diferentes, tendo em conta o arranjo interno dos seus átomos. Se o mineral se parte originando superfícies planas com orientação específica, diz-se que o mineral tem **clivagem**. Se o mineral se fragmenta sem direção específica, e não forma superfícies planas, diz-se que o mineral não tem clivagem, mas apenas **fratura** [6].



[6] Quando sujeito a tensão, o quartzo fragmenta-se numa qualquer direção [A], enquanto a biotite se fragmenta sempre segundo um plano [B] e a calcite segundo três planos [C].

■ A dureza

A **dureza** avalia a capacidade de o mineral resistir a ser riscado e é reflexo da intensidade das ligações químicas dos seus constituintes. Um mineral mais duro risca outro menos duro e, por sua vez, é riscado por um mais duro do que ele. Pode calcular-se a dureza de um mineral tentando riscá-lo com objetos ou com outros minerais cuja dureza é conhecida e que constituem a escala de Mohs [7].

Alguns minerais têm **propriedades específicas** que os distinguem de todos os outros, servindo as mesmas para os identificar. Por exemplo, a halite sabe a sal, a magnetite atrai os ímanes e a calcite, na presença de ácido clorídrico diluído, reage, fazendo efervescência ao libertar dióxido de carbono [8].



[8] A calcite, presente no calcário, faz efervescência com o ácido clorídrico [A]. A magnetite atrai os ímanes [B].

ATIVIDADE

1 Completa as frases seguintes.

A — A água à temperatura ambiente não é um mineral porque...

B — Quando se utiliza a escala de Mohs, pretende avaliar-se...

Clivagem — cleavage

Fratura — fractures

Dureza — hardness



[7] Escala de Mohs.



TRABALHO LABORATORIAL

Qual é a importância das propriedades dos minerais na aplicação dos mesmos?

Material

- Amostras de minerais não identificados: quartzo, feldspato, moscovite, biotite, estauroilite, olivina e calcite
- Lupa de mão
- Escala de Mohs
- Placa de porcelana fosca
- Ácido clorídrico diluído



Procedimento

1. Observa e regista o brilho de cada amostra.
2. Risca uma placa de porcelana fosca com cada uma das amostras.
3. Utilizando os termos da escala de Mohs, determina e regista a dureza de cada amostra. Para tal, procede aos seguintes ensaios:
 - Com o termo da escala de Mohs de maior dureza, risca a tua amostra. Limpa a superfície e verifica se ficou algum sulco.
 - Repete o procedimento anterior utilizando os termos da escala de dureza sucessivamente menor, até que a amostra não seja riscada por um deles.
 - Realiza, agora, o ensaio inverso, utilizando a tua amostra para tentar riscar o termo da escala que identificaste no passo anterior.
4. Com a supervisão do(a) professor(a), coloca uma gota de ácido clorídrico diluído em cada uma das amostras, verifica se fazem efervescência e regista.

Resultados

No teu caderno, constrói um quadro, regista os resultados e identifica os minerais testados. Se necessário, solicita a ajuda do(a) professor(a).

Tópicos de discussão

1. Que minerais poderiam ser riscados por um canivete? Justifica a tua resposta.
2. Relativamente à dureza, ordena, de forma crescente, os minerais analisados.
3. Relaciona a utilização do quartzo no fabrico do cimento e do vidro com as suas propriedades.
4. A que se deve a efervescência da calcite em contacto com o ácido?
5. Indica uma aplicação inadequada para o calcário, rocha constituída por calcite.

Conclusão

Responde à questão com que se iniciou esta atividade.



TRABALHO EXPERIMENTAL

Elabora um protocolo que te permita identificar uma amostra de calcite.

- Para tal, pesquisa as propriedades da calcite num guia de minerais ou na Internet.
- Deves indicar os materiais e o procedimento, passo a passo.

Minerais — unidades básicas das rochas

Os minerais podem associar-se e originar diferentes tipos de rochas.

Um mineral é caracterizado por:

- se apresentar no estado sólido;
- ter origem inorgânica natural;
- ter constituição química definida;
- ter estrutura interna cristalina.

Os minerais apresentam propriedades que permitem identificá-los:

- traço — cor do mineral reduzido a pó;
- cor — propriedade com pouco valor classificativo, pois há minerais que podem apresentar diferentes cores;
- brilho — forma como a superfície do mineral reflete a luz;
- clivagem e fratura — forma como o mineral resiste ao choque;
- dureza — capacidade de o mineral resistir a ser riscado.



AVALIA CONHECIMENTOS

- 1** Seleciona as opções que completam de forma verdadeira a afirmação seguinte.
Todos os minerais têm...
- A — ... cor definida.
 - B — ... composição química definida.
 - C — ... brilho.
 - D — ... natureza orgânica.
 - E — ... origem natural.
 - F — ... constituintes organizados de forma rígida e fixa.
 - G — ... clivagem.
 - H — ... capacidade de fazer efervescência com o ácido clorídrico.
- 2** Considera os dados fornecidos e seleciona a afirmação correta.
DADOS:
- I — O mineral X tem dureza 7.
 - II — O mineral Y risca e é riscado pelo mineral X.
 - III — O mineral Z é riscado pelos minerais X e Y, mas não os risca.
- AFIRMAÇÕES:
- A — X e Y têm a mesma dureza, a qual, por sua vez, é maior do que a dureza de Z.
 - B — X é mais duro do que Y e Y é mais duro do que Z.
 - C — X tem uma dureza superior a Y e Z. Y e Z têm a mesma dureza.
 - D — O mineral menos duro é o X e o mineral mais duro é o Z.
- 3** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
Quando se faz passar uma amostra de um mineral sobre uma porcelana, pretende determinar-se...
- A — ... a cor.
 - B — ... o traço.
 - C — ... o tipo de clivagem.
 - D — ... a dureza.
- 4** Tendo em conta os dados fornecidos sobre um determinado mineral e com auxílio da chave, classifica as afirmações referentes a esse mesmo mineral.
DADOS:
- I — O mineral é riscado pela fluorite (dureza igual a 4) e não é riscado pelo gesso (dureza igual a 2).
 - II — Da fragmentação do mineral resultam partículas com formas idênticas entre si e com superfícies planas.
- CHAVE:
- 1 — A afirmação é apoiada pelos dados.
 - 2 — A afirmação é contrariada pelos dados.
 - 3 — A afirmação não tem ligação com os dados.
- AFIRMAÇÕES:
- A — O mineral risca o vidro.
 - B — O mineral faz efervescência com o ácido clorídrico.
 - C — O mineral apresenta clivagem.
 - D — O mineral apresenta sempre a mesma cor.
 - E — O mineral é riscado por um outro com dureza 7.
 - F — O mineral reflete a luz como os metais.

5 Lê o texto e responde às questões.

O robô «Curiosity» da NASA completou as primeiras experiências que mostram que a mineralogia do solo de Marte é similar à dos solos de basalto de origem vulcânica do Havaí: é mineralogicamente semelhante ao material basáltico, com quantidades significativas de feldspato, piroxena e olivina. Aproximadamente metade da superfície é composta por materiais como o vidro vulcânico (não apresenta estrutura cristalina).

Cada mineral regista as condições em que é formado. A composição química de uma rocha proporciona apenas informação mineralógica ambígua, como é o caso do diamante e da grafite, que têm a mesma composição química, mas diferentes estruturas e propriedades.

<http://www.tvi24.iol.pt/503/tecnologia/havai-marte-ultimas-noticias-minerais-nasa-tvi24/1388819-4069.html>, consultado em setembro de 2013 (adaptado)

5.1 Quais são os minerais constituintes do solo de Marte?

5.2 Considera as afirmações e seleciona a opção correta.

AFIRMAÇÕES:

I — O vidro vulcânico não é um mineral.

II — O basalto é uma rocha formada por mais do que um mineral.

III — A composição química é suficiente para identificar um mineral.

OPÇÕES:

A — A afirmação I é verdadeira; as afirmações II e III são falsas.

B — A afirmação II é verdadeira; as afirmações I e III são falsas.

C — As afirmações I e II são verdadeiras; a afirmação III é falsa.

D — As afirmações II e III são verdadeiras, a afirmação I é falsa.

6 Faz a correspondência entre as figuras e as propriedades dos minerais.

A — Clivagem

C — Reação ao ácido clorídrico

E — Dureza

B — Fratura

D — Traço

F — Cor



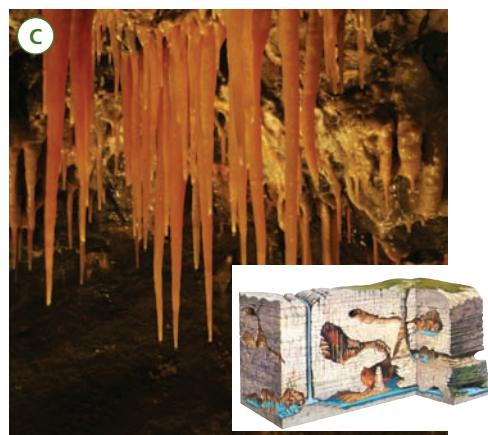
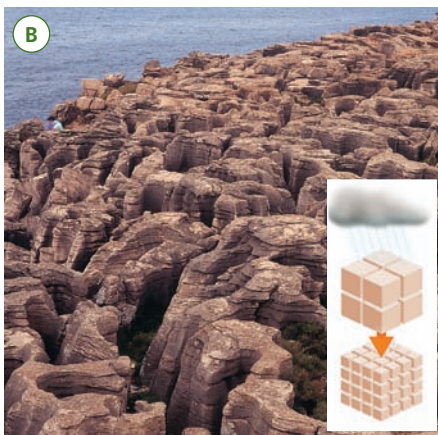
RISCAM-SE COM UMA UNHA		RISCAM-SE COM UM CANIVETE			RISCAM O VIDRO				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Talco	Gesso	Calcite	Fluorite	Apatite	Ortóclase	Quartzo	Topázio	Corindo	Diamante

Rochas sedimentares

3.1

Ação da água, do vento e dos seres vivos sobre as rochas

À superfície, as rochas ficam sujeitas à ação das variações de temperatura e dos agentes geológicos externos — a água (no estado líquido e sólido) **1**, o vento **2** e os seres vivos **3** —, que as vão alterando: ocorre desagregação, desgaste, dissolução e podem formar-se novos minerais.



- 1** Alteração das rochas pela água: desagregação causada pela contração e dilatação provocadas pelas variações de temperatura [A]; dissolução do calcário originada pelas águas da chuva [B]; grutas formadas por infiltração de águas (ricas em dióxido de carbono) nas fendas do calcário e pela dissolução do mineral calcite, que depois de ser transportado pela água se deposita, originando estalactites, no teto, e estalagmites, no chão [C].



- 2** Alteração das rochas pelo vento: a erosão do vento pode originar blocos pedunculados, como os de Arez, Nisa (NaturTejoGeopark) [A]; as dunas são formadas pelo transporte de areias pelo vento (Vila Nova de Mil Fontes) [B].



- 3** Alteração das rochas pelos seres vivos: desagregação causada pelas raízes de árvores que se desenvolvem nas fendas e que, ao crescerem, partem os blocos [A] e alteração causada pela urina e pelas fezes dos animais [B].

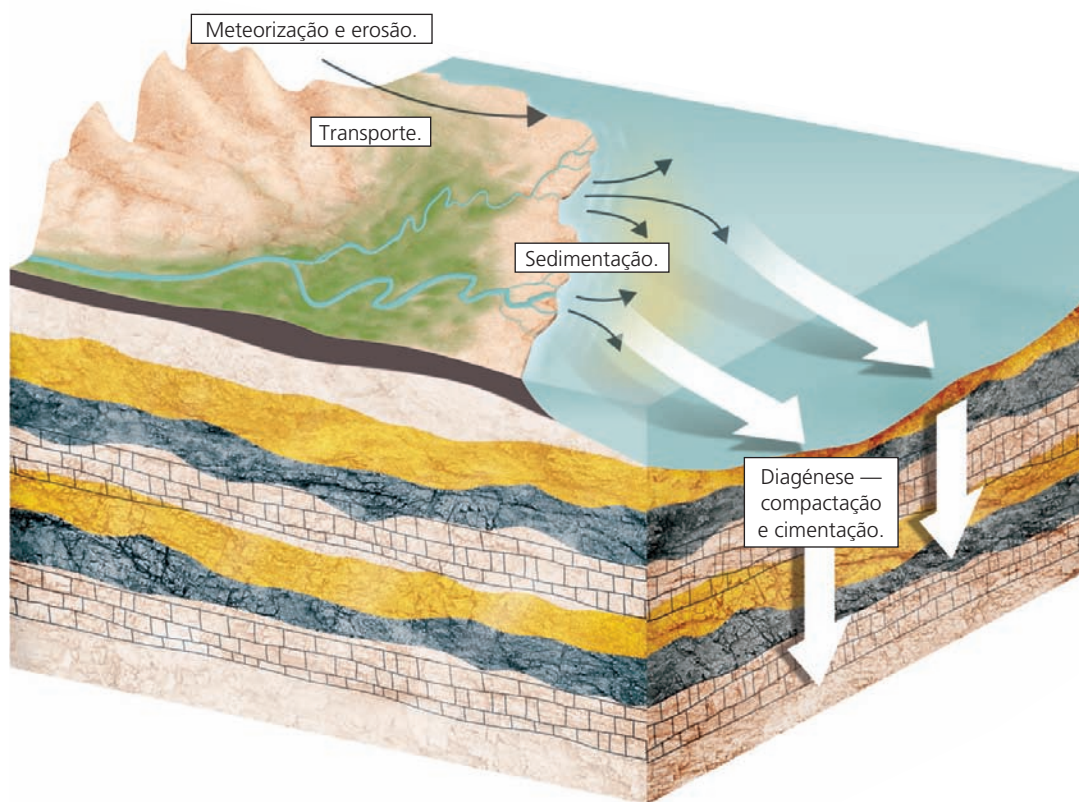
3.2 Formação das rochas sedimentares

As **rochas sedimentares** representam apenas 5 % do volume da crosta terrestre, mas revestem cerca de 75 % das superfícies dos continentes e fundos oceânicos. Formam geralmente estratos, nos quais podem ser encontrados fósseis, o que nos permite melhorar o conhecimento que temos do passado da Terra, em especial dos últimos 600 Ma.

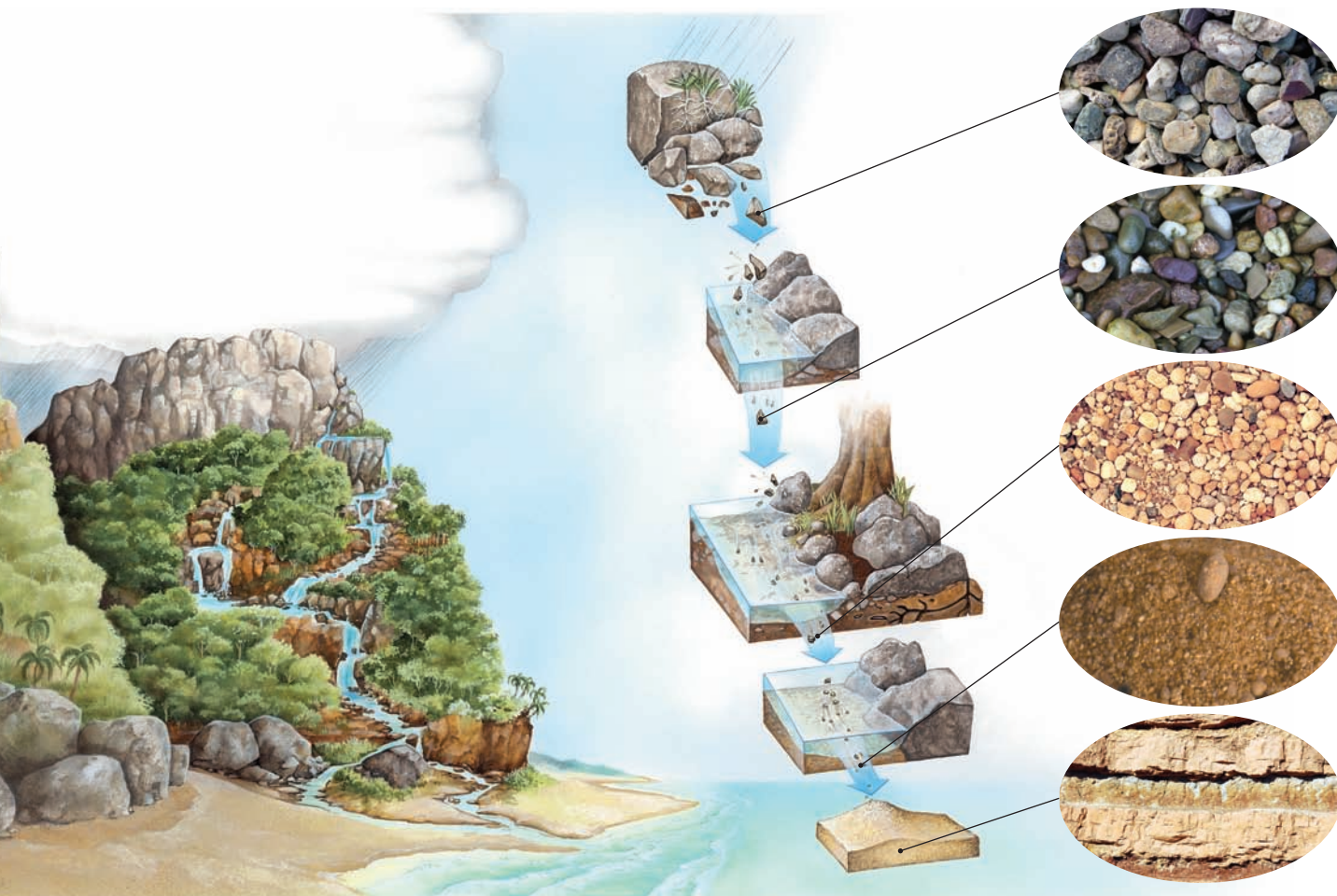
A formação das rochas sedimentares engloba geralmente um conjunto de etapas **4**:

- A **meteorização**, que provoca a alteração física das rochas preexistentes, originando fragmentos mais pequenos, ou a sua alteração química, modificando os minerais constituintes.
- A **erosão**, que remove os fragmentos meteorizados da rocha original.
- O **transporte**, que desloca os fragmentos para outros locais. Durante esta etapa, os fragmentos continuam a ser desgastados, ficando cada vez mais arredondados. A duração do transporte depende do peso dos fragmentos, da energia e da velocidade do agente transportador (vento, água, glaciares, seres vivos ou gravidade) **5**. Ao longo do transporte, os grãos mais pesados vão sendo depositados e deixados para trás, enquanto os menos pesados (em geral, mais pequenos) são transportados e depositados mais adiante.
- A **sedimentação**, ou deposição, ocorre à medida que o agente transportador vai perdendo energia, depositando os sedimentos no fundo de lagos, rios e oceanos.
- Após a deposição ocorre a **diagénese** **6**, que consiste na transformação dos sedimentos em rocha consolidada e que tem como processos principais a **compactação** e a **cimentação**.

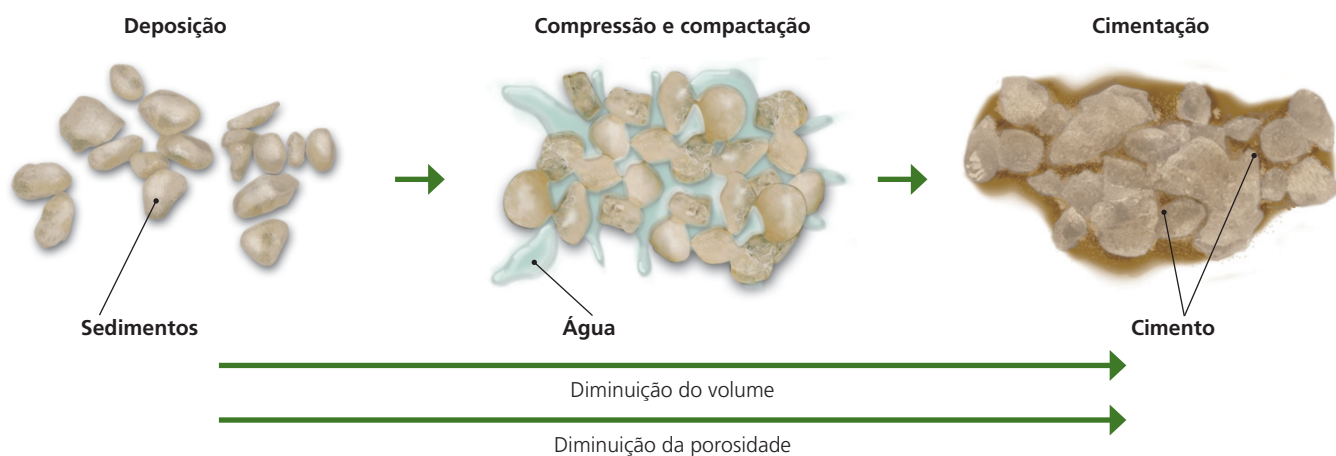
Rocha sedimentar — *sedimentary rock*
Meteorização — *weathering*
Erosão — *erosion*
Transporte — *transport*
Sedimentação — *sedimentation*
Diagénese — *diagenesis*



4 Todas as rochas expostas à superfície podem originar rochas sedimentares.



5 Transporte (variação do tamanho e do grau de arredondamento dos fragmentos com a duração do transporte) e sedimentação.



6 Diagenese: os sedimentos são compactados e unidos por um cimento, originando uma rocha coerente.

ATIVIDADES

- 1** Como explicas que, não sendo as rochas sedimentares as mais abundantes na crosta terrestre, sejam aquelas que existem em maior quantidade à superfície?
- 2** Quais serão os minerais constituintes das rochas que oferecem maior resistência aos agentes de meteorização? Justifica a tua resposta.
- 3** Descreve o processo de formação das estalactites e estalagmites nas grutas.



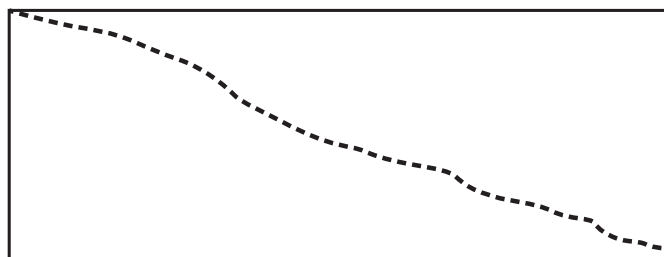
Como se deslocam e depositam os materiais ao longo de um curso de água?

Material

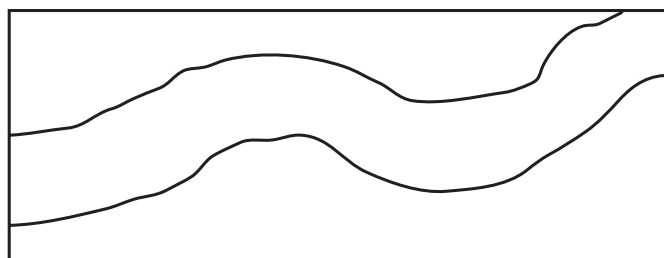
- Bloco de esferovite (0,5 m × 0,5 m × 1 m) moldado com o traçado do curso de um rio
- Sedimentos de vários calibres:
 - areia fina
 - areia grossa
 - cascalho
 - seixos
- Regador
- Água
- Régua
- Tinta plástica

Procedimento

1. Escava no bloco de esferovite, que deve ter sido impermeabilizado com uma tinta plástica, um percurso com declive e alguns meandros.
2. Coloca os sedimentos previamente misturados no cimo do percurso do rio.
3. Enche o regador de água.
4. Verte água em cima dos sedimentos e observa a deslocação e o local de deposição das várias partículas de sedimento.
5. Mede o percurso médio dos vários tipos de partículas.



Declive.



Meandros.

Resultados

Preenche o quadro seguinte, registando o percurso médio de cada tipo de partícula.

	PERCURSO MÉDIO (cm)
Areia fina	
Areia grossa	
Cascalho	
Seixos	

Tópicos de discussão

1. Quais foram as partículas que fizeram o maior percurso?
2. Quais foram as partículas que se depositaram primeiro?
3. Relaciona o percurso médio realizado por cada partícula com as suas dimensões.

Conclusão

Responde à questão com que se iniciou esta atividade.

Rocha detritica — *clastic rock*
Rocha quimiogénica — *chemical rock*
Rocha biogénica — *biogenic rock*

■ Classificação das rochas sedimentares

As rochas sedimentares classificam-se em **detriticas**, **quimiogénicas** e **biogénicas**, de acordo com a origem dos sedimentos que as constituem.

■ As rochas sedimentares detriticas

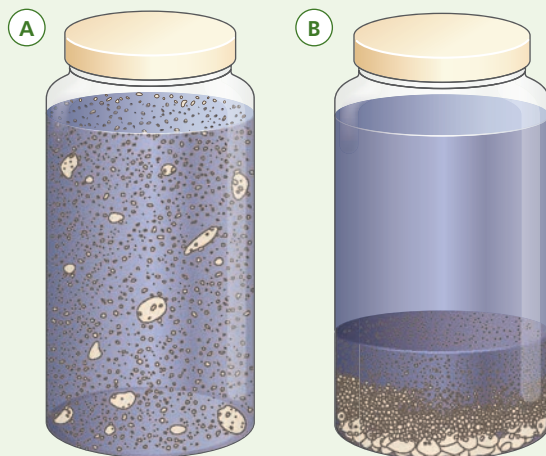
As rochas sedimentares detriticas **7**, tal como o nome indica, são formadas a partir de detritos ou fragmentos de rochas preexistentes que sofrem transporte e diagénese.



7 Dunas de São Jacinto, Aveiro [A], e duna consolidada, praia do Magoito, Parque Natural Sintra-Cascais [B].

ATIVIDADES

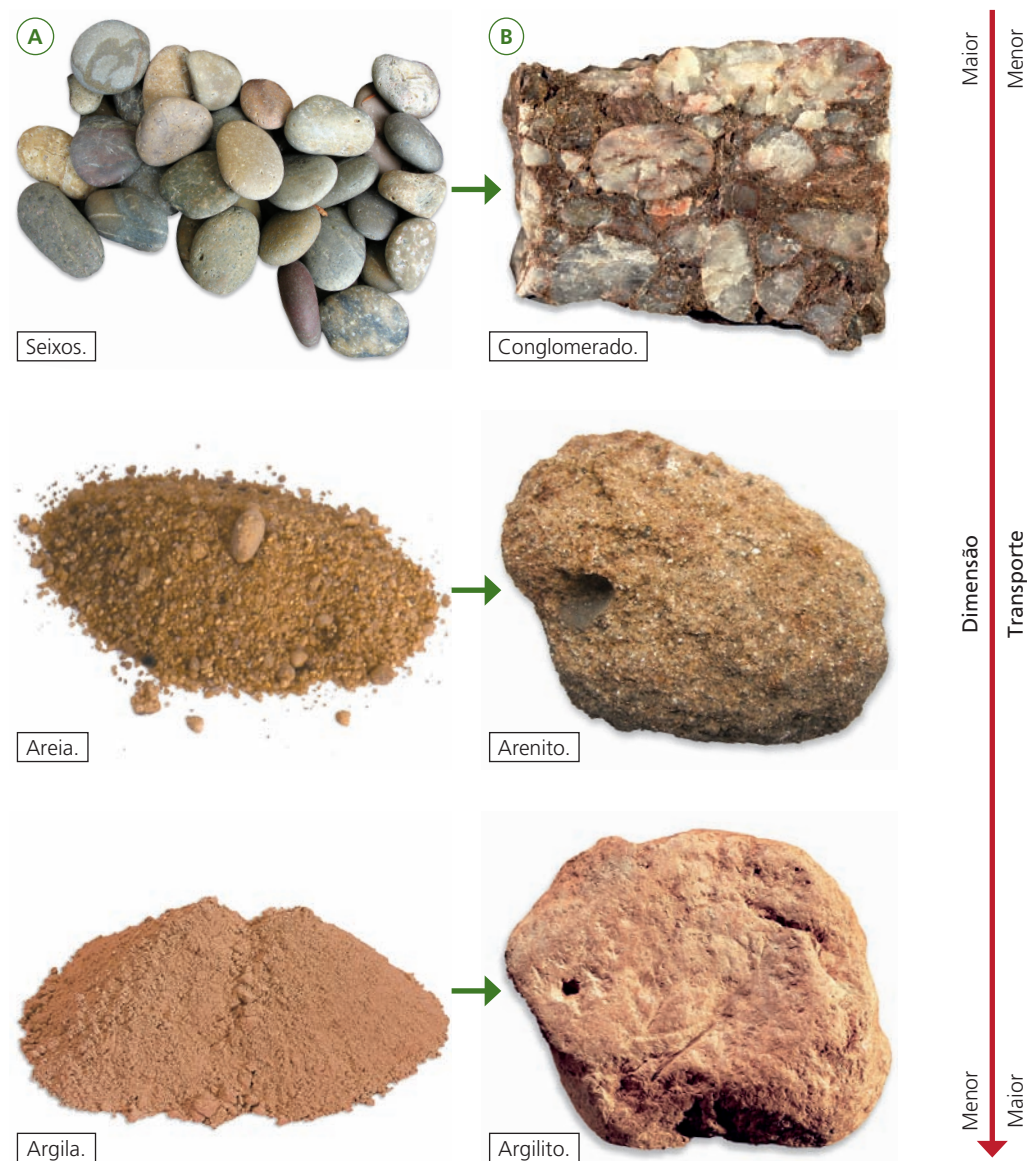
- 1** Explica por que razão o tamanho dos fragmentos diminui com o aumento da distância ao local de origem.
- 2** Distingue sedimentação de diagénese.
- 3** Num frasco de vidro colocou-se uma mistura de sedimentos contendo cascalho, areias de diferentes dimensões e argila. Encheu-se o frasco com água e fechou-se com a tampa de enroscar. Agitou-se o frasco e depois deixou-se repousar. O resultado obtido está evidenciado em B.
 - 3.1** Em que é que difere o aspeto dos sedimentos antes e após serem misturados com a água?
 - 3.2** Qual foi o processo responsável por essa diferença?
 - 3.3** Na Natureza, em que locais ocorrem processos idênticos?
 - 3.4** Quais são as semelhanças e as diferenças entre a atividade apresentada e o que se observa na Natureza?



O aspeto global da rocha depende da origem dos sedimentos e também das condições do seu transporte e deposição [8].

Conglomerado — *conglomerate*
Seixos — *rounded gravel*

O **conglomerado** é uma rocha formada por fragmentos arredondados maiores do que as areias, como **seixos**, unidos por um cimento. Quando os fragmentos são angulosos, a rocha designa-se por brecha [9].



[8] Sedimentos [A] e rochas sedimentares detríticas [B]. Do conglomerado ao argilito, o tamanho dos sedimentos vai diminuindo.



[9] A brecha [A] e o conglomerado [B] resultam da cimentação de sedimentos grosseiros com fragmentos angulosos ou arredondados, respetivamente.

Arenito — sandstone

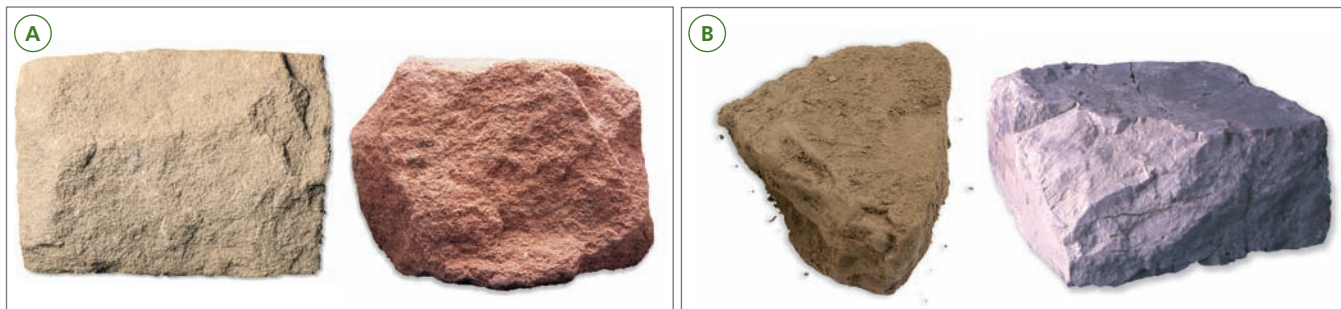
Areia — sand

Argilito — claystone

Marga — marl

O **arenito** é o resultado da diagénese de **areia**. A cor e as restantes características do arenito resultam das características das areias e do cimento que as une **10A**.

Quando a **argila** é consolidada, dá origem ao **argilito**. Esta rocha sedimentar consolidada pode apresentar cores variadas **10B**. É uma rocha pouco dura (é riscada pela unha) e que cheira a barro quando é bafejada.



10 A cor dos arenitos depende da cor das areias que lhes dão origem e do cimento que as une [A] e a cor dos argilitos varia de acordo com os sedimentos que lhes dão origem [B].

A **marga** é formada por argila e calcite (carbonato de cálcio), podendo apresentar cores variadas **11**. É uma rocha pouco dura (é riscada pela unha), cheira a barro quando é bafejada e faz efervescência com o ácido.



11 A cor das margas depende da cor dos sedimentos que lhes dão origem.

ATIVIDADES

1 Lê o texto seguinte e identifica as etapas de formação das rochas sedimentares detríticas descritas.

Dois grãos de areia encontraram-se numa praia.
Vinham de sítios diferentes. Um andara pelo mar, revolido no fundo, ao sabor de ondas e marés.
O outro provinha de uma pedreira, esbarrondada por chuvas e vendavais. Não tinham a mesma experiência de vida.

O grão do mar, encostado ao grão de terra, pôs-se a recordar:

— Milhares de anos até vir aqui ter... O que eu passei!

— E eu? — suspirava o outro grãozinho. — Se te contasse, nem acreditavas...

— Merecemos descanso — concluiu o grão do mar. — E, a propósito, o colega podia chegar-se um pouco mais para lá? Estamos tão apertados. [...]

*Dois Grãos de Areia, António Torrado
(adaptado)*

■ As rochas sedimentares quimiogénicas

As rochas sedimentares quimiogénicas formam-se por precipitação dos constituintes químicos em solução na água, resultantes da dissolução dos constituintes de outras rochas e que mais tarde se depositam, dando origem a novas rochas, como o **calcário**.

O calcário quimiogénico é formado pela precipitação da calcite (carbonato de cálcio) [12]. Esta rocha sedimentar pode apresentar várias cores dependendo das impurezas que nela existirem.

Existem rochas quimiogénicas que se formam sob condições de aridez por evaporação da água do mar ou de lagos salgados, e, por isso, se chamam **evaporitos**. Um exemplo é o **sal-gema**, rocha formada por cristais de cloreto de sódio, vulgarmente conhecidos por sal de cozinha. Outro exemplo é o **gesso**, constituído por minerais de gipsita (sulfato de cálcio hidratado) [13].

Calcário — *limestone*

Sal-gema — *rock salt*

Gesso — *gypsum*



[12] Calcário [A]; gruta calcária [B].



[13] Evaporitos: sal-gema [A]; cristais de cloreto de sódio [B]; gesso [C].



TRABALHO EXPERIMENTAL

«Fabricar» evaporitos

1. Elabora um protocolo para simular a formação de evaporitos.
Indica os materiais que vais utilizar (podes experimentar sal de cozinha, sulfato de cobre, ...) e o protocolo que vais seguir.
2. Prevê o que acontece e conclui acerca das condições de formação dos cristais.

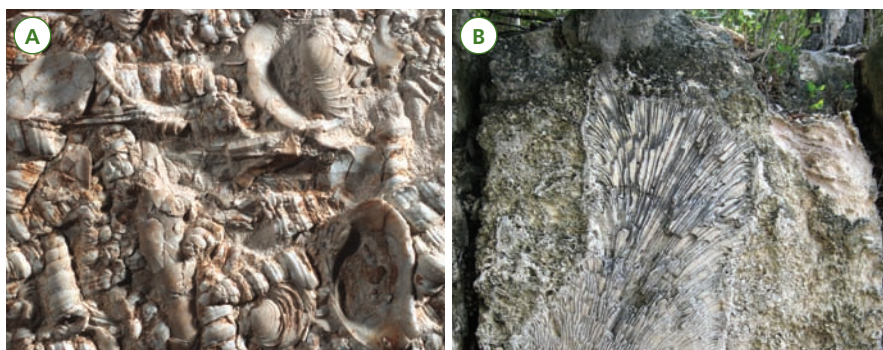
Calcário recifal — *skeletal limestone*
Calcário conquífero — *coquina*
Carvão — *coal*

■ As rochas sedimentares biogénicas

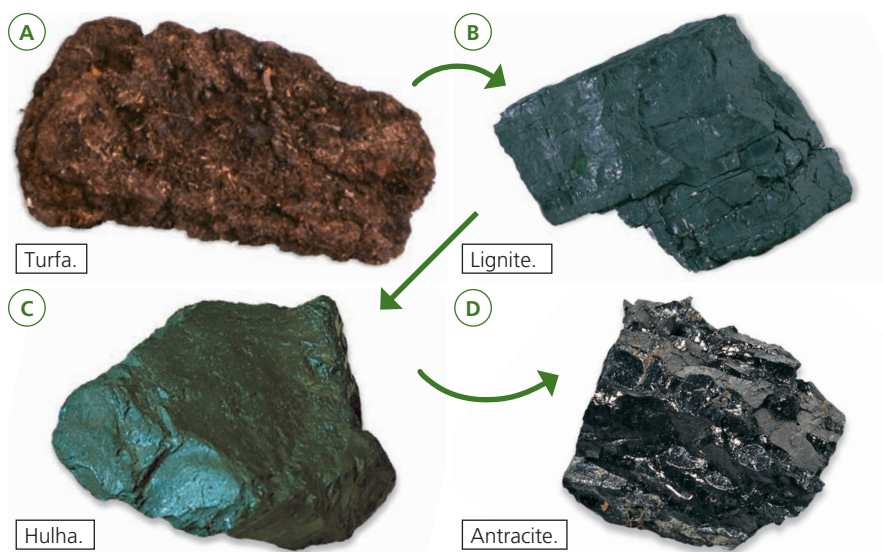
As rochas biogénicas resultam da consolidação de restos de seres vivos, como, por exemplo, restos de conchas, de corais e de plantas.

Alguns seres vivos marinhos retiram carbonato de cálcio da água do mar para construir os seus exosqueletos e, quando morrem, os fragmentos das suas conchas acumulam-se e podem sofrer diagénese, originando o **calcário conquífero** **14A**. Se o processo envolve organismos recifais, como os corais, a rocha chama-se **calcário recifal** **14B**.

Quando os restos de plantas sofrem decomposição lenta em ambientes aquáticos pouco profundos e pouco oxigenados (pântanos), após a diagénese originam o **carvão** **15**.



14 Calcário conquífero [A] e calcário recifal [B].



15 O carvão explorado na atualidade teve origem em florestas pantanosas dos períodos Pérmico e Carbónico. Os diferentes tipos de carvão distinguem-se, entre outros aspetos, pelo crescente teor de carbono e crescente poder calorífico.

ATIVIDADES

- 1 Quais são as condições mais favoráveis à formação de evaporitos?
- 2 O que aconteceria se colocasses uma gota de ácido clorídrico numa rocha biogénica, como o calcário conquífero?

2.1 Justifica a tua resposta.



TRABALHO LABORATORIAL

Como se distinguem as diferentes rochas sedimentares?

Material

- Amostra de calcário conquífero (1)
- Amostra de sal-gema (2)
- Amostra de calcário (3)
- Amostra de conglomerado (4)
- Amostra de arenito (5)
- Amostra de margem (6)
- Amostra de argilito (7)
- Amostra de carvão (8)
- Amostra de gesso (9)
- Amostra de areia (10)
- Lâminas de vidro
- Lupa de mão
- Ácido clorídrico (HCl)



Procedimento

Para cada amostra realiza os procedimentos que te permitem preencher o quadro dos resultados.

Resultados

No teu caderno, regista os resultados num quadro semelhante a este.

AMOSTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROPRIEDADES										
Grão solto ou consolidado?										
Qual é o tamanho do grão?										
Qual é a cor?										
Quando bafejada cheira a barro?										
Faz efervescência com o HCl?										
Risca o vidro?										

Discussão

Relativamente às rochas sedimentares, considera o seguinte:

1. As rochas detríticas formam-se a partir de detritos ou fragmentos de rochas preexistentes.
2. As rochas quimiogénicas formam-se por precipitação de constituintes químicos em solução na água.
3. As rochas biogénicas resultam da consolidação de restos de seres vivos.

Tendo em conta a informação fornecida, agrupa as rochas estudadas de acordo com os resultados obtidos.

Conclusão

Responde à questão que serve de base a esta atividade.



TRABALHO LABORATORIAL

Como se distinguem as areias de diferentes ambientes?

Material

- Amostras de areias em igual quantidade: eólicas, glaciares, marinhas e fluviais
- 5 peneiros com diferentes aberturas: 0,2 mm, 0,5 mm, 1,5 mm e 2 mm
- Lupa de mão
- Balança



Procedimento

1. Observa à lupa e esquematiza alguns grãos de cada amostra.
2. Peneira sucessivamente cada uma das amostras, começando pelo peneiro de maior abertura até ao de menor abertura.
3. Pesa na balança e regista a quantidade de areia de cada amostra que atravessou cada um dos peneiros.

Resultados

No teu caderno, regista os resultados num quadro semelhante a este.

RESULTADOS \ AMOSTRA		Areias eólicas	Areias glaciares	Areias marinhas	Areias fluviais
Grau de arredondamento					
Quantidade de areia que atravessa o peneiro	de 2 mm				
	de 1,5 mm				
	de 0,5 mm				
	de 0,2 mm				

Tópicos de discussão

1. Indica por ordem decrescente de tamanho e de grau de arredondamento as diferentes amostras de areias analisadas.
2. Apresenta por ordem crescente de homogeneidade as diferentes amostras de areias analisadas.
3. Relaciona o grau de arredondamento e de homogeneidade dos grãos de areia com o respetivo ambiente de formação.

Conclusão

Responde à questão que serve de base a esta atividade.

Rochas sedimentares

As rochas sedimentares são as mais abundantes na superfície terrestre e apresentam, geralmente, estratos.

A formação das rochas sedimentares engloba um conjunto de etapas: meteorização, erosão, transporte, sedimentação e diagénese.

As rochas sedimentares classificam-se em detríticas, quimiogénicas e biogénicas de acordo com a origem dos sedimentos que as constituem.

As rochas sedimentares detríticas são formadas a partir de detritos (fragmentos de rochas preexistentes).

As rochas sedimentares quimiogénicas formam-se por precipitação dos constituintes químicos em solução na água, resultantes da dissolução dos constituintes de outras rochas que se depositam.

As rochas sedimentares biogénicas resultam da consolidação de restos de seres vivos.



AVALIA CONHECIMENTOS

- 1 Considera as afirmações seguintes, relativas às rochas sedimentares, e seleciona a opção correta.
Afirmações:

- I. Classificam-se de acordo com a natureza dos sedimentos que as constituem.
- II. Podem apresentar fósseis.
- III. Durante a compactação, aumentam o seu volume.

- A — I é verdadeira; II e III são falsas.
- B — I e II são verdadeiras; III é falsa.
- C — III é verdadeira; I e II são falsas.
- D — Todas as opções são verdadeiras.

- 2 Observa a imagem, que representa o transporte de sedimentos (I, II e III) ao longo de um rio, e responde às questões.

- 2.1 Indica como varia a dimensão dos sedimentos à medida que se afastam da origem.

- 2.2 Faz a correspondência entre os sedimentos I, II e III e os locais A, B e C do rio.

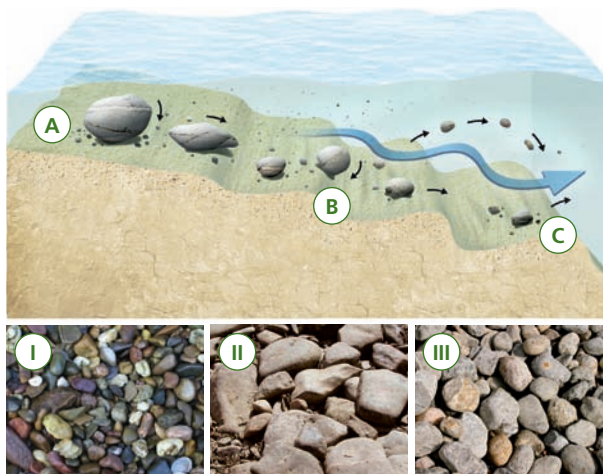
- 2.3 Em qual dos locais (A, B, C) podemos encontrar os fragmentos mais arredondados?

- 2.4 Relaciona a força da água nos diferentes locais do rio com o tamanho e o grau de arredondamento dos grãos nesses locais.

- 2.5 Seleciona a opção correta.

Grãos de areia idênticos aos sedimentos II indicam que...

- A — ... o seu local de origem está próximo.
- B — ... nunca darão origem a grãos arredondados.
- C — ... fizeram um longo percurso desde o local de origem.
- D — ... não sofreram alteração.



- 3 Lê o texto e responde às questões.

As rochas sedimentares fornecem importantes informações sobre as variações ambientais ao longo do tempo geológico. Os fósseis, que são vestígios de seres vivos antigos preservados nestas rochas, são a chave para a compreensão da origem e evolução da vida.

A importância económica das rochas sedimentares está em conterem, em determinadas situações, petróleo, gás natural e carvão mineral, que são as principais fontes de energia atuais.



- 3.1 Explica a importância das rochas sedimentares para o conhecimento científico.

- 3.2 De que forma a Geologia, em geral, e o conhecimento das rochas sedimentares, em particular, têm impacto na sociedade?

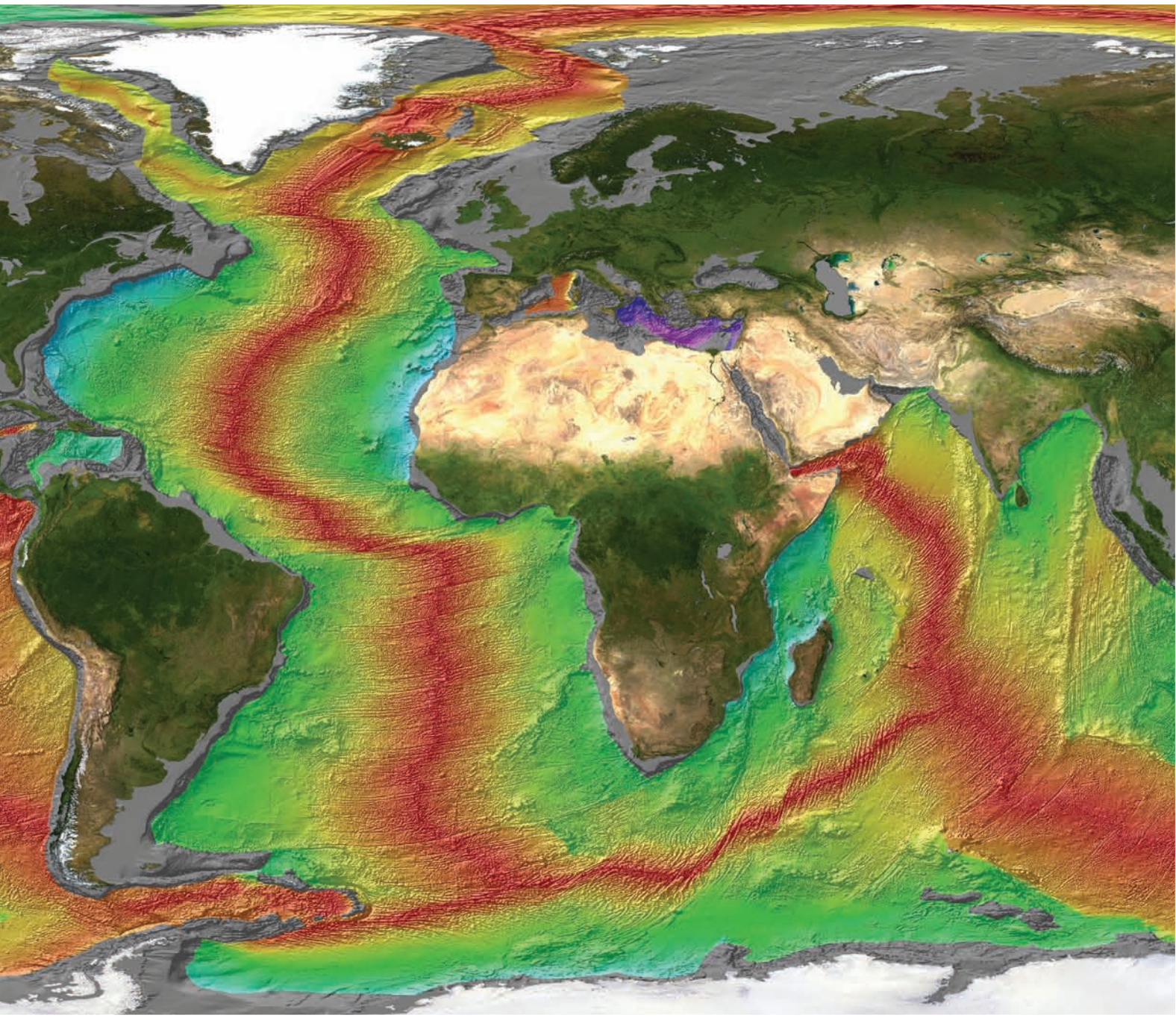
RELACIONA CONHECIMENTOS

- 1** Observa as figuras e responde às questões.



- 1.1** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
A figura A representa uma paisagem...
- A — ... magmática plutônica.
 - B — ... magmática vulcânica.
 - C — ... sedimentar.
 - D — ... metamórfica.
- 1.2** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
A areia da figura B formou-se a partir do granito. A transformação do granito em areia envolveu, por ordem, as seguintes etapas...
- A — ... erosão, meteorização, transporte e sedimentação.
 - B — ... sedimentação, meteorização, erosão e transporte.
 - C — ... meteorização, erosão, transporte e sedimentação.
 - D — ... meteorização, erosão, sedimentação e transporte.
- 1.3** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
O quartzo pode fazer parte da areia, tem dureza 7 e pode existir na Natureza em diferentes cores. Qualquer amostra de quartzo...
- A — ... risca a calcite (dureza igual a 3) e apresenta traço sempre da mesma cor.
 - B — ... risca a calcite (dureza igual a 3) e pode apresentar traço de diferentes cores.
 - C — ... não risca a calcite (dureza igual a 3) e apresenta traço sempre da mesma cor.
 - D — ... não risca a calcite (dureza igual a 3) e pode apresentar traço de diferentes cores.
- 1.4** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
A transformação de areia em arenito envolve as seguintes etapas...
- A — ... compressão, compactação e cimentação.
 - B — ... meteorização, compressão e sedimentação.
 - C — ... erosão, compactação e sedimentação.
 - D — ... erosão, meteorização e sedimentação.
- 1.5** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
O arenito, tal como o carvão, é uma rocha sedimentar, mas enquanto o primeiro é uma rocha [...], o segundo é uma rocha [...].
- A — detrítica [...] quimiogénica
 - B — detrítica [...] biogénica
 - C — biogénica [...] quimiogénica
 - D — quimiogénica [...] detrítica

ESTRUTURA E DINÂMICA INTERNA DA TERRA



No fim deste bloco deverás ser capaz de:

- Apresentar argumentos que apoiaram e fragilizaram a teoria da deriva continental.
- Reconhecer o contributo da ciência, da tecnologia e da sociedade para o conhecimento da expansão dos fundos oceânicos.
- Esquematizar a morfologia dos fundos oceânicos.
- Explicar as evidências que fundamentam a teoria da tectónica de placas.
- Relacionar a expansão e a destruição contínuas dos fundos oceânicos com a constância do volume da Terra.
- Identificar contributos de cientistas associados à teoria da deriva continental e à teoria da tectónica de placas.



- Caracterizar a placa tectónica e os diferentes limites existentes.
- Inferir a importância das correntes de convecção na mobilidade das placas tectónicas.
- Distinguir comportamento frágil de comportamento dúctil.
- Explicar a formação de dobras e falhas.

- Relacionar a movimentação observada numa falha com o tipo de forças que lhe deram origem.
- Identificar as deformações nas rochas existentes nas paisagens.
- Relacionar a deformação das rochas com a formação de cadeias montanhosas.

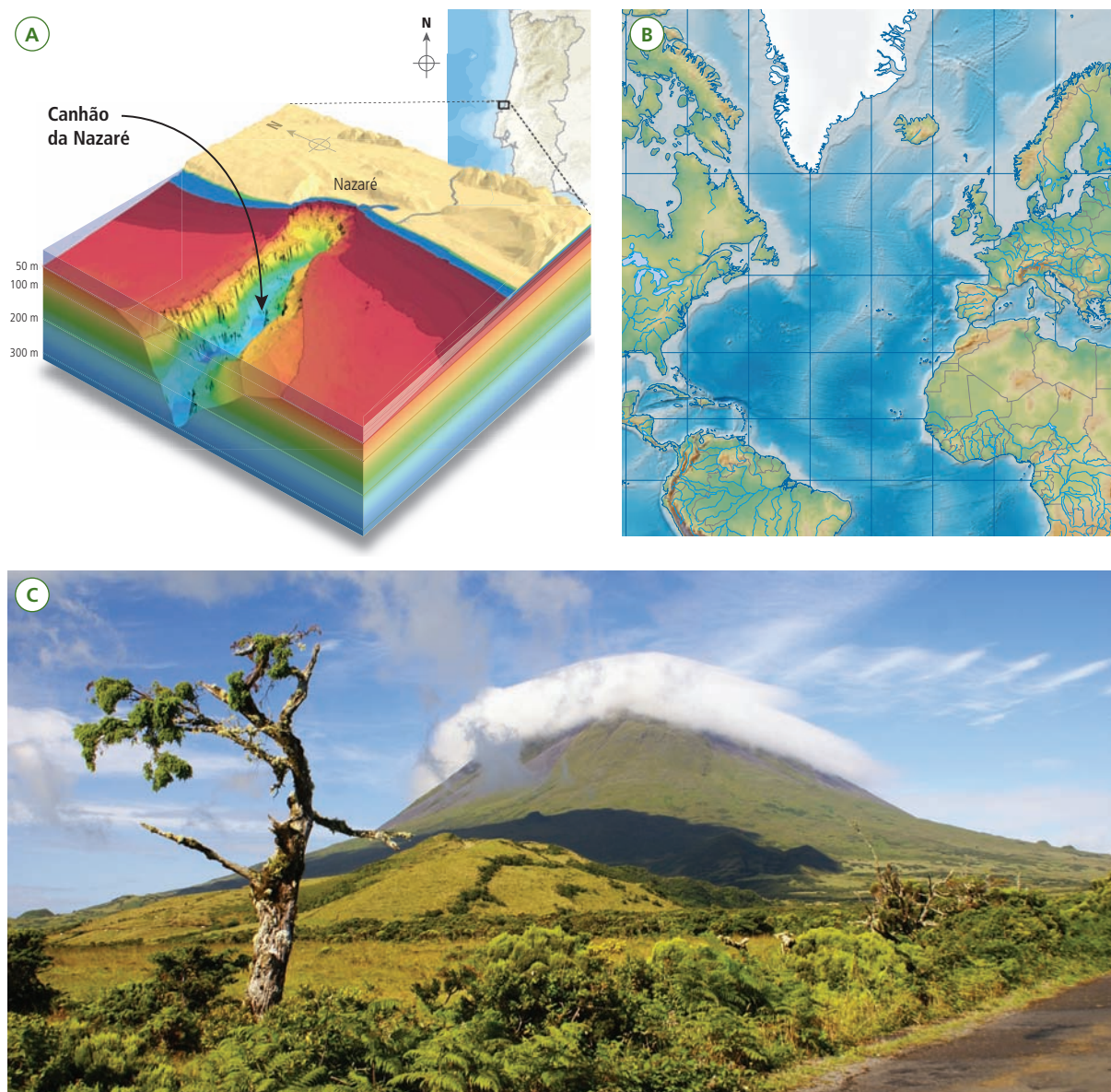
■ Introdução

A Terra é um planeta em constante mudança. No decurso da sua longa história, têm ocorrido fenómenos diversos na sua superfície que o certificam, nomeadamente a alteração da posição dos continentes, a abertura e o fecho de oceanos ou a formação de cadeias montanhosas. A ocorrência de sismos e vulcões, bem como o aparecimento, à superfície, de rochas altamente deformadas, são também importantes testemunhos de uma Terra em constante mutação.

Qual será a origem das alterações constantes registadas à superfície terrestre?

De que forma nos podem elas informar sobre o interior do Planeta?

Longos processos de investigação têm vindo a dar corpo à ideia de que as modificações ocorridas na superfície da Terra são uma consequência de uma dinâmica interna característica do nosso planeta e que a correta interpretação destes fenómenos nos permitirá aceder ao conhecimento do seu interior.



■ As tuas perguntas...

Que fenómeno será responsável pelas alterações observadas à superfície da Terra?

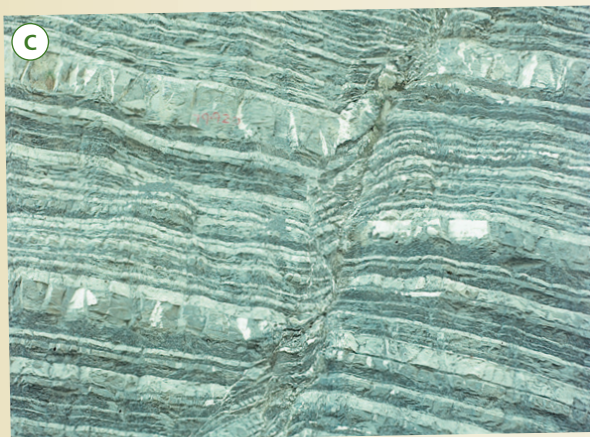


Por que motivo os continentes têm formas que se assemelham às de um *puzzle*?



Porque se elevam as montanhas?

O que provocará as alterações das rochas?



Porque se deformam as rochas?



■ Será que sabes?

Classifica as afirmações seguintes como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. Os continentes já estiveram todos unidos num só.
- II. Há zonas na superfície da Terra que se estão a afastar.
- III. As rochas do fundo do mar têm a mesma idade que as rochas continentais.
- IV. Atualmente ainda não existe tecnologia que permita traçar o perfil dos fundos oceânicos.
- V. A superfície da Terra está dividida em placas que se movimentam.
- VI. Existem locais onde se forma crosta terrestre e locais onde a mesma é destruída.
- VII. A aplicação de forças às rochas pode quebrá-las ou dobrá-las.
- VIII. As rochas não se deformam, independentemente da intensidade das forças que sobre elas atuam.

Deriva continental e tectónica de placas

Deriva continental — *continental drift*



1 Alfred Wegener (1880-1930).



3 As formas dos continentes africano e sul-americano complementam-se.



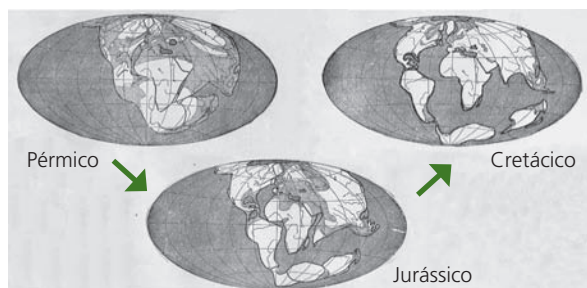
4 Localização de fósseis de diversas espécies.

4.1 A Teoria da Deriva Continental

Durante muito tempo, a Terra foi considerada um planeta estático, partindo-se do pressuposto de que o mesmo pouco ou nada tinha mudado ao longo do tempo.

Alfred Wegener **1**, meteorologista alemão, publicou em 1915 o livro *Origem dos Continentes e dos Oceanos*, apresentando ao Mundo a sua interpretação para estes e outros fenómenos, naquilo que ficou conhecido como a **Teoria da Deriva Continental**.

Segundo Wegener, os continentes atuais estiveram unidos no passado, formando um só continente, que designou por Pangeia (do grego, «toda a Terra»). Este ter-se-á fragmentado em diversos continentes, que se terão movido lentamente até às suas posições atuais **2**.



2 Segundo Alfred Wegener, a Pangeia ter-se-á fragmentado em vários continentes, que, ao longo do tempo, se foram afastando.

Argumentos que apoiavam a teoria de Wegener

Wegener apresentou uma série de evidências que podiam ser interpretadas segundo os princípios básicos da Teoria da Deriva Continental, funcionando assim como argumentos a favor da mesma.

Argumentos morfológicos

Os **continentes apresentam formas complementares** **3**, que «encaixam» como as peças de um *puzzle*, o que é compatível com a ideia defendida por Wegener de que no passado todos os continentes estiveram **reunidos num único supercontinente**.

Argumentos paleontológicos

Alguns seres vivos, essencialmente terrestres, viveram no passado em locais geográficos muito restritos. A descoberta dos seus **fósseis em diferentes continentes** **4** é difícil de explicar, quer pelo seu aparecimento e evolução simultâneos em locais distintos quer pela sua migração através de extensos oceanos.

Uma explicação compatível com a distribuição destes fósseis é a que sugere Wegener — **os continentes já estiveram unidos no passado** (altura em que estes animais e plantas existiam na Terra emersa).

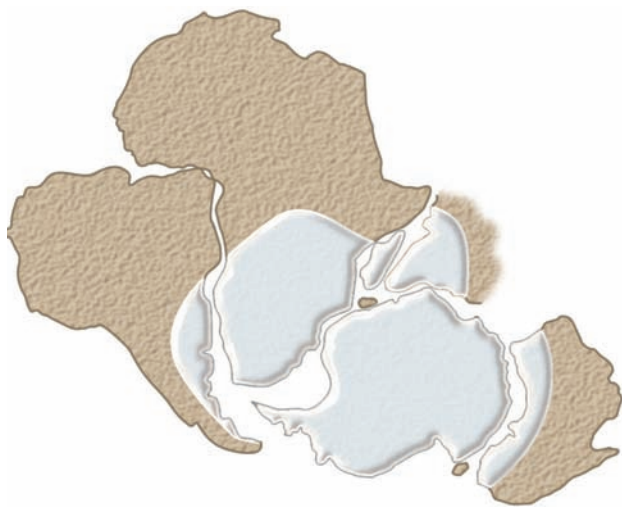
■ Argumentos paleoclimáticos

Atualmente só existem glaciares nos polos e nas altas montanhas. Contudo, o estudo da **distribuição dos sedimentos com características específicas de zonas glaciais** do passado sugere uma distribuição diferente, que pode ser interpretada se partirmos do princípio de que, à época, **os continentes estavam todos unidos em torno do Polo Sul**.

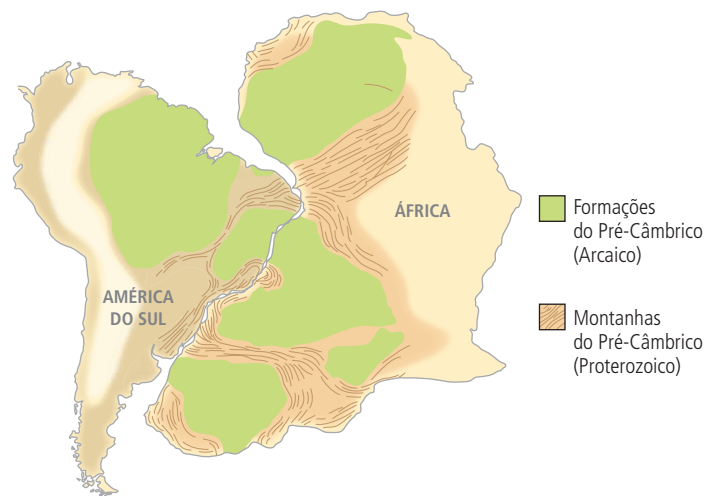
Da mesma forma, a análise da **distribuição dos paleoclimas** (climas do passado) é coincidente com a mesma interpretação [5].

■ Argumentos litológicos

Existe **continuidade nas unidades litológicas** (rochas que apresentam as mesmas características) que se situam entre continentes atualmente separados [6], o que mais uma vez poderá ser explicado recorrendo à teoria proposta por Wegener.



[5] A distribuição geográfica de vestígios de glaciações.



[6] Distribuição geográfica de algumas unidades litológicas.

■ Argumentos que fragilizaram a teoria de Wegener

Apesar de a teoria de Wegener ser suportada por diversos argumentos, na época foi ignorada por muitos e fortemente repudiada por outros.

Por um lado, a teoria impunha uma visão dinâmica do Planeta, o que contrariava a convicção vigente na época que defendia um Planeta estático. Por outro lado, Wegener deixou por explicar duas questões essenciais da sua teoria:

- O que provocou a rutura da Pangeia?
- Qual foi o mecanismo que fez mover os continentes?

As evidências apresentadas por Wegener apenas explicam os fenómenos, mas não os processos que lhes deram origem.



TRABALHO PRÁTICO

No passado, os continentes estiveram unidos?

Material

- Lápis
- Tesoura
- Borracha
- Cartolina A4 azul-clara
- Cartolina branca
- Marcador
- Lápis de cor de várias cores

Procedimento

1. Copia para a cartolina branca o esquema do anexo da página 186.
2. Pinta o esquema de acordo com a sua legenda.
3. Recorta o esquema pelos contornos exteriores.
4. Na cartolina azul, desenha a rosa dos ventos no canto superior esquerdo.
5. Coloca os vários fragmentos em cima da cartolina azul e desloca-os, de modo a obteres uma peça única, semelhante à que se encontra no esquema.
6. Efetua a operação inversa à do ponto 5, de forma a obteres a posição atual desses continentes.



Resultados

— Cartolina com a representação do movimento dos continentes.

Tópicos de discussão

1. De acordo com a posição atual dos continentes, como explicas a existência dos mesmos fósseis de espécies terrestres em locais tão afastados?
2. Relaciona as marcas das glaciações com a deriva dos continentes.
3. Quando movimentaste os diferentes fragmentos na cartolina para obteres uma peça única, o que verificaste?
4. Em alguns locais não foi possível encaixar na totalidade os contornos dos continentes. Refere uma possível explicação para esse facto.
5. Indica quais são os argumentos utilizados por Wegener que são evidenciados nesta atividade.
6. Tendo em conta a posição atual dos continentes, como se movimentaram os diferentes fragmentos?
7. Qual é a crítica que te ocorre fazer à teoria proposta por Wegener?

Conclusão

Responde, justificando, à questão inicial desta atividade.

ATIVIDADES

- 1 Enumera os argumentos a favor da Teoria da Deriva Continental.
- 2 Explica, por que razão, com tantos argumentos favoráveis à Teoria da Deriva Continental, esta não foi aceite na sua época.
- 3 Constrói uma hipótese que explique o modo como se formaram as rochas que compõem os fundos dos oceanos.

4.2

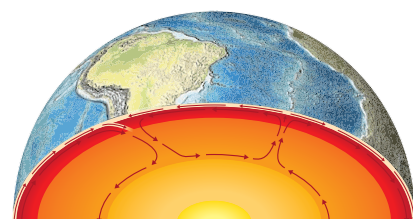
Os contributos que permitiram perceber o movimento dos continentes e a expansão dos fundos oceânicos

Sabe-se, atualmente, que abaixo da camada sólida superficial da Terra existe uma camada — a **astenosfera** — que, devido ao calor interno da Terra, apresenta um comportamento relativamente plástico. Se a descoberta desta camada não explicou o movimento dos continentes, facilitou a aceitação da possibilidade de estes se moverem.

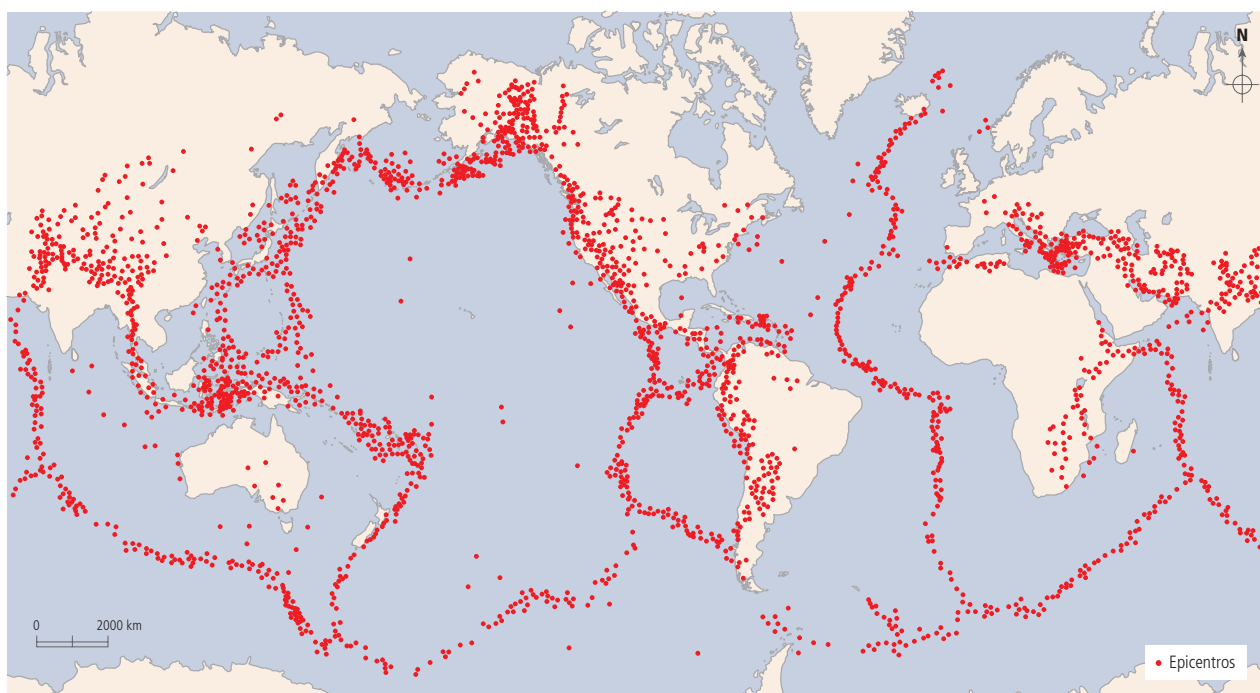
- Em 1928, Arthur Holmes propõe a existência de **correntes de convecção** no manto, adiantando assim um mecanismo explicativo para o movimento dos continentes.

O calor interno da Terra, resultante da radioatividade do núcleo interno, seria responsável pelo aquecimento do material que constitui o manto. Ao ser aquecido, o material ascenderia. Junto da superfície, dar-se-ia o seu arrefecimento, o que provocaria a sua descida, por aumento da densidade [7]. Este fenómeno pode ser observado no dia a dia (por exemplo, na formação de correntes de ar) e pode ser recriado em laboratório.

- A **localização de sismos e vulcões** [8] não é uniforme em toda a superfície do Planeta; pelo contrário, estes situam-se ao longo de linhas que parecem dividir a superfície terrestre em porções.
- O **aperfeiçoamento de tecnologia**, nomeadamente durante a Segunda Guerra Mundial, forneceu aos geocientistas material que lhes permitiu **estudar o fundo dos oceanos**. Foi possível reconhecer as formas de relevo dos fundos dos oceanos, estudar a variação da idade das suas rochas e determinar as variações paleomagnéticas nos mesmos. Estes dados revelaram-se fundamentais para compreender a mobilidade dos fundos oceânicos.



[7] Correntes de convecção no manto.

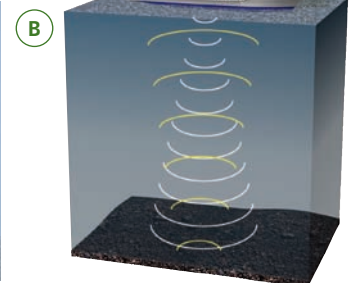


[8] Distribuição geográfica dos epicentros dos principais sismos.

■ Estudo dos fundos oceânicos

■ Morfologia dos fundos oceânicos

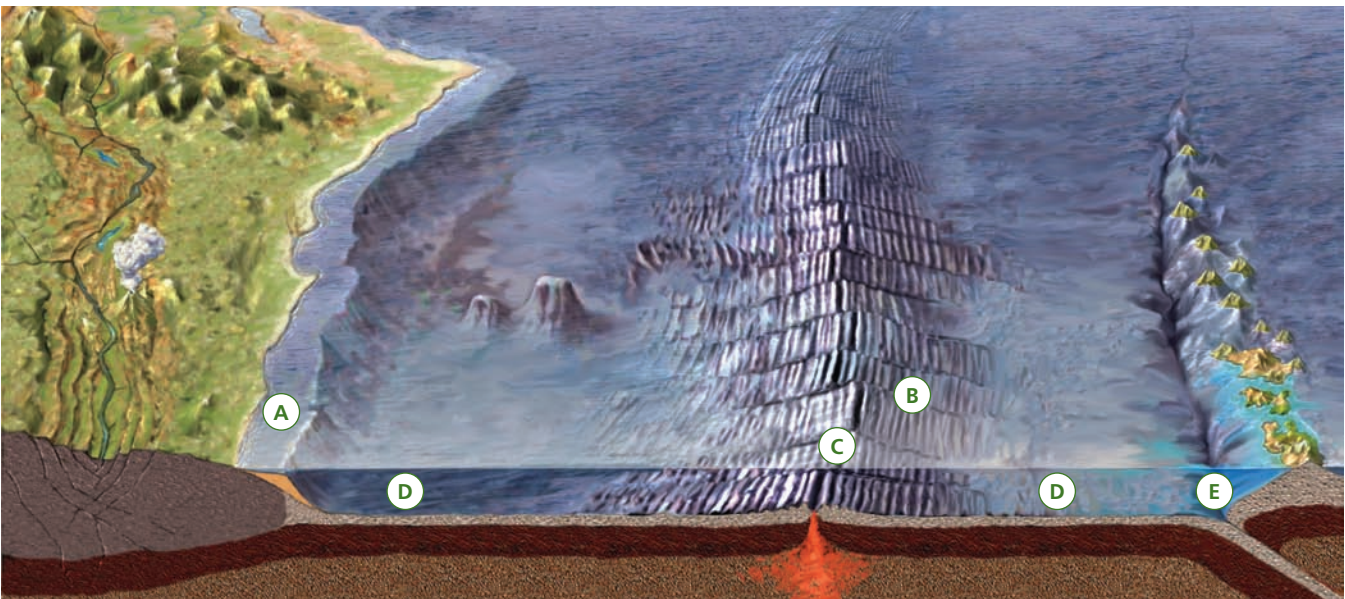
Para traçar a morfologia (relevo) dos fundos oceânicos, recorre-se ao emissor de ultrassons de feixe simples (SONAR). Este equipamento permite calcular a distância a que o fundo se encontra, a partir do tempo que uma onda sonora, emitida pelo mesmo, leva a chegar ao fundo oceânico e a voltar [9].



[9] O navio *N.R.P. Gago Coutinho* [A] está equipado com um emissor de ultrassons de feixe simples (SONAR) [B] e é utilizado para o estudo do perfil dos oceanos e da sua morfologia.

O fundo dos oceanos inclui as seguintes formas de relevo:

- **plataformas continentais** — superfícies relativamente planas adjacentes aos continentes [10A];
- **dorsais-oceânicas** — cadeias montanhosas que se situam sensivelmente a meio dos fundos oceânicos [10B];
- **riftes oceânicos** — vales situados na região central das dorsais oceânicas e de onde é expelido magma astenosférico [10C];
- **planícies abissais** — regiões planas muito profundas e extensas que ladeiam as dorsais oceânicas [10D];
- **fossas oceânicas** — zonas de grandes profundidades nas quais a crosta oceânica, arqueando-se, mergulha sob a continental, ocorrendo a destruição da primeira [10E].



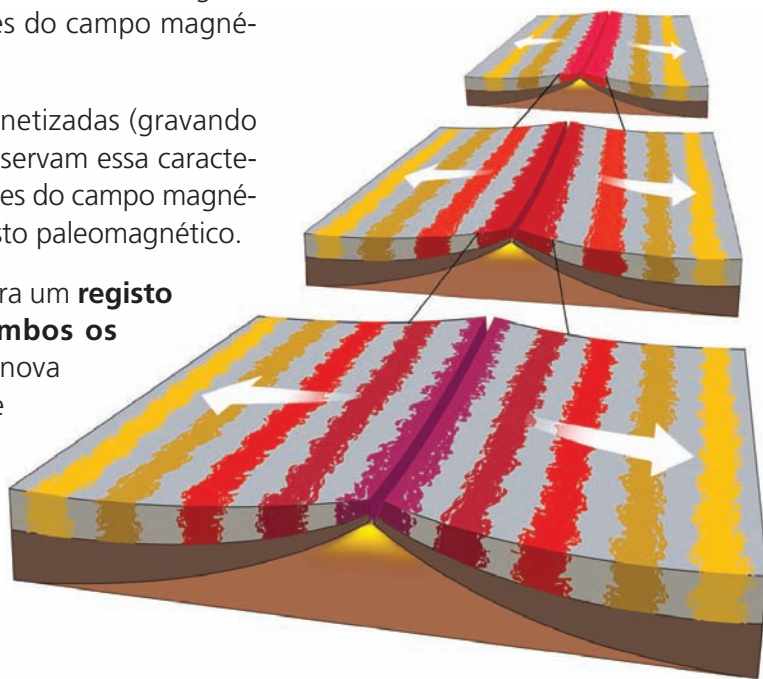
[10] Exemplo de formas de relevo existentes no fundo dos oceanos.

■ Paleomagnetismo dos fundos oceânicos

O paleomagnetismo (estudo da evolução do campo magnético terrestre) permite, a partir das rochas constituídas por minerais, alguns deles magnetizáveis, obter o registo das alterações do campo magnético terrestre.

Durante a sua formação, as rochas ficam magnetizadas (gravando a orientação do campo magnético terrestre) e conservam essa característica, independentemente das alterações posteriores do campo magnético da Terra. Diz-se que essas rochas têm um registo paleomagnético.

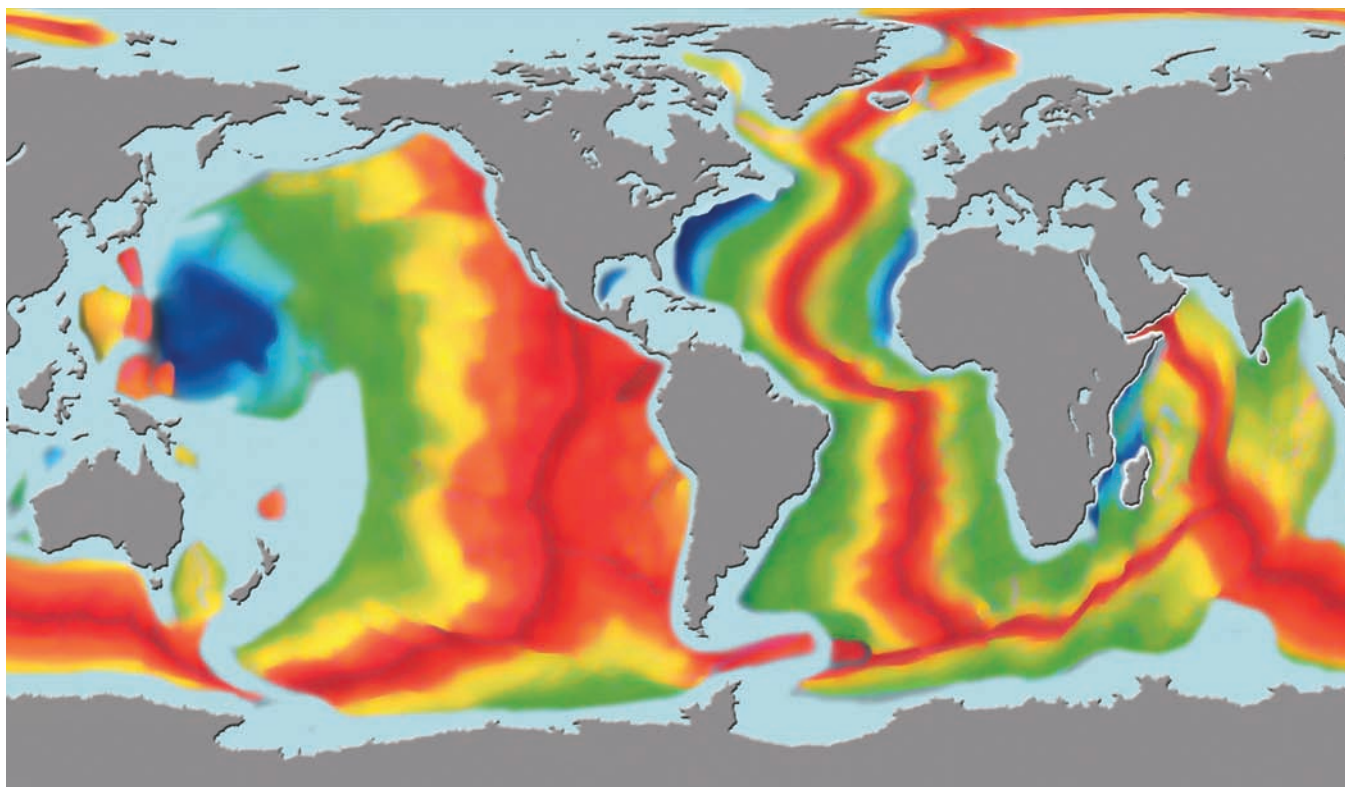
A análise das rochas dos fundos oceânicos mostra um **registo paleomagnético simétrico e paralelo, de ambos os lados da dorsal** **[11]**. Isto sugere que, quando a nova crosta oceânica é formada no rifte, solidifica de ambos os lados, ou seja, em placas diferentes que tendem a afastar-se. À medida que esse afastamento se vai fazendo, rochas que se encontravam na zona do rifte, quando se formaram, vão sendo, simultaneamente, deslocadas para longe dele.



■ Idade dos fundos oceânicos

É possível determinar a idade das rochas do fundo oceânico. As rochas são mais recentes junto à dorsal oceânica e são tanto mais antigas quanto mais afastadas estão dela. A variação da idade das rochas é simétrica de um e de outro lado do rifte **[12]**.

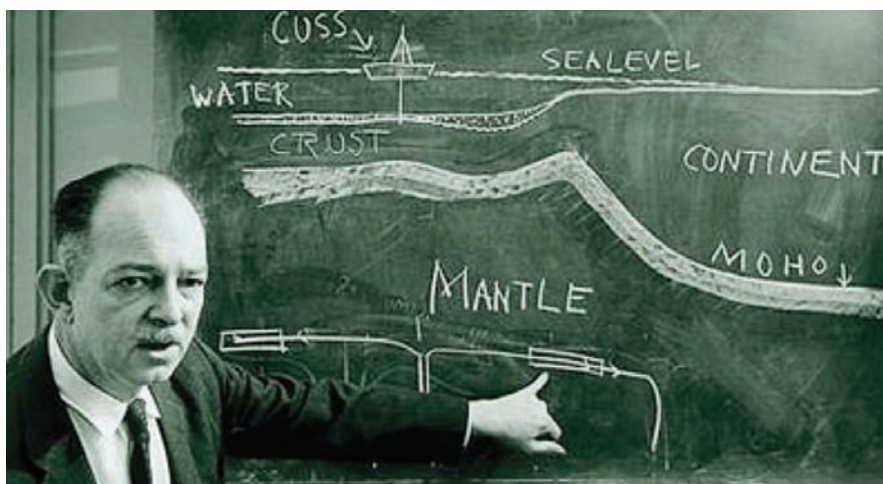
[11] As bandas de polarização são simétricas de um e de outro lado do rifte. De ambos os lados e à mesma distância do rifte encontram-se rochas com a mesma idade.



[12] Mapa-mundo onde se expressa a idade do fundo dos oceanos. As zonas mais recentes (vermelho) estão mais perto do rifte do que as zonas mais antigas (azul).

O estudo dos fundos oceânicos e a análise da variação da idade dos mesmos permitiram perceber que existe movimento do material que constitui a superfície da Terra e que este movimento é divergente desde os riftes até aos locais onde a placa é consumida.

Os dados anteriores permitiram que, em 1960, Harry Hess ¹³ formulasse uma teoria que ficou conhecida como a **Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos**. Segundo a mesma, os fundos oceânicos formavam-se a partir dos riftes, crescendo simetricamente a partir deles, sendo posteriormente destruídos nas zonas de subducção. Como consequência da expansão dos oceanos, os continentes que os limitam tendem a afastar-se nuns locais e a aproximar-se noutros.

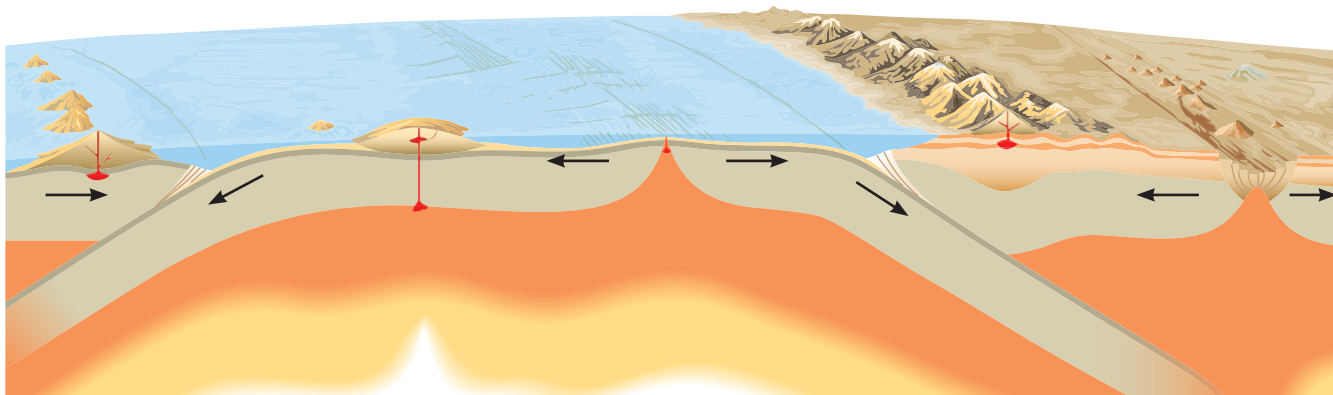


¹³ Harry Hess formulou a Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos, em 1960.

■ Explicação atualmente aceite

Desde 1994, a explicação aceite pela comunidade científica apresenta o peso da litosfera oceânica, que arrasta a respetiva placa, a partir das zonas de subducção (*slab pull*), como a força motriz para o movimento das placas tectónicas.

A ascensão do magma pelas correntes de convecção, nas zonas de rifte, favorece esta deslocação, «empurrando» por alastramento lateralmente as respetivas placas (*ridge push*) ¹⁴.



¹⁴ A força exercida pelo afundamento dos limites de uma placa desloca a respetiva placa. As correntes de convecção são mais uma das forças que favorecem a deslocação das placas.



TRABALHO LABORATORIAL

Como explicas o movimento dos continentes?

Material

- Tina de vidro
- Areia
- Tripé
- Copo de precipitação
- Purpurinas
- Óleo de bebé
- Gambiarra

Procedimento

1. Coloca dentro do copo de precipitação, na zona central, algumas purpurinas.
2. Verte óleo de bebé no copo de precipitação até cerca de metade da altura.
3. Coloca o copo de precipitação num tripé.
4. Enche a tina com a areia.
5. Fixa a lâmpada da gambiarra através do casquilho na areia.
6. Aquece lentamente o conteúdo do copo de precipitação ligando a gambiarra.
7. Faz o registo dos resultados.

Resultados

— Registo da posição das purpurinas e/ou fotografias.

Tópicos de discussão

1. Descreve o movimento das purpurinas.
 - 1.1 Justifica o tipo de movimento observado.
2. Refere os locais da tina (centro ou periferia) em que se simula:
 - a) o rifte;
 - b) a zona de subducção.
 - 2.1 Justifica a tua resposta.

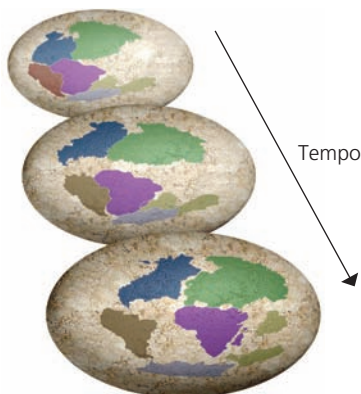
Conclusão

Responde à questão inicial desta atividade.



ATIVIDADES

- 1 Atualmente, qual é considerada a causa provável para o movimento dos continentes?
- 2 Explica por que razão os sismos e os vulcões ocorrem em locais específicos do Planeta.
- 3 Identifica locais onde se considera que existe construção de crosta oceânica e destruição de crosta oceânica.
- 4 Tendo em conta a localização de Portugal continental e do arquipélago dos Açores, ordena as duas unidades geográficas de acordo com a sua idade relativa.
- 5 A morfologia do fundo dos oceanos não é igual em todos eles. Pesquisa sobre a morfologia dos oceanos Atlântico e Pacífico e tenta descobrir quais são as principais diferenças entre si.



15 A litosfera encontra-se dividida em porções — as placas litosféricas — que se deslocam.

SABIAS QUE...

... a velocidade de expansão das placas ao longo da crista Médio-Atlântica é de aproximadamente 2,5 centímetros por ano ou de 25 quilómetros num milhão de anos?

4.3 A Teoria da Tectónica de Placas

A compilação dos vários estudos efetuados ao longo do século xx sobre os fundos oceânicos (idade e paleomagnetismo) e sobre a localização de sismos e vulcões contribuiu para revitalizar a teoria de Wegener e permitiu a elaboração de uma nova teoria, que foi desenvolvida por Robert Palmer e Donald Mackenzie nos finais dos anos 60 — a **Teoria da Tectónica de Placas**.

Segundo esta teoria, a **litosfera está fragmentada em placas que se movem sobre a astenosfera**, as placas tectónicas **15**.

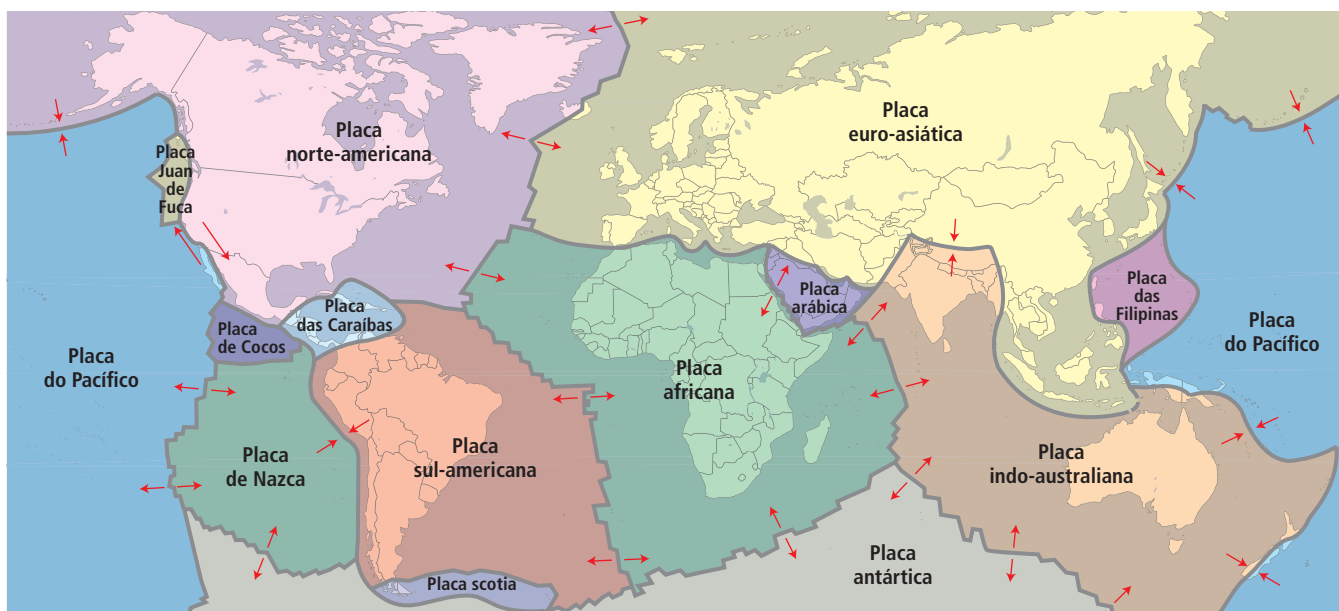
As placas crescem e divergem a partir da ascensão de magma da astenosfera e são destruídas em locais de colisão entre placas. A sua dinâmica tem origem nas zonas de subducção e nas correntes de convecção da astenosfera.

As placas litosféricas podem ser constituídas por litosfera continental (exemplo da placa arábica), por litosfera oceânica (exemplo da placa do Pacífico), ou por ambas (a maioria das vezes) **16**.

Como as placas estão em constante movimento, as zonas de limites entre placas são geologicamente muito ativas, podendo ocorrer fenómenos de vulcanismo, sismos de intensidade variável, construção de montanhas e expansão do fundo oceânico. Em oposição, as zonas dentro da placa são, no geral, de relativa calma geológica. Podem, no entanto, coexistir fenómenos vulcânicos e sísmicos.

Verifica-se, assim, que existem zonas de crescimento contínuo nos fundos oceânicos e locais onde ocorre a destruição dos mesmos. Os dois fenómenos compensam-se, o que permite a manutenção do volume da Terra.

Podemos distinguir três tipos de limites entre placas, se atendermos ao sentido do movimento das placas quando se encontram — os **limites divergentes**, os **limites convergentes** e os **limites transformantes**.

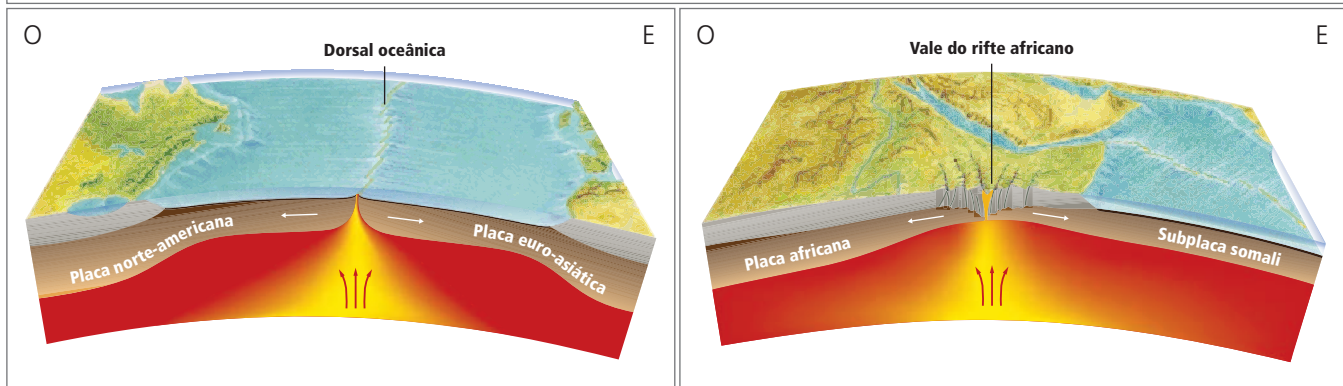


16 Localização e sentido de deslocação das placas litosféricas.

LIMITES DE PLACAS

Limites divergentes

As placas afastam-se uma da outra. Há formação de litosfera.



- Sismicidade moderada.

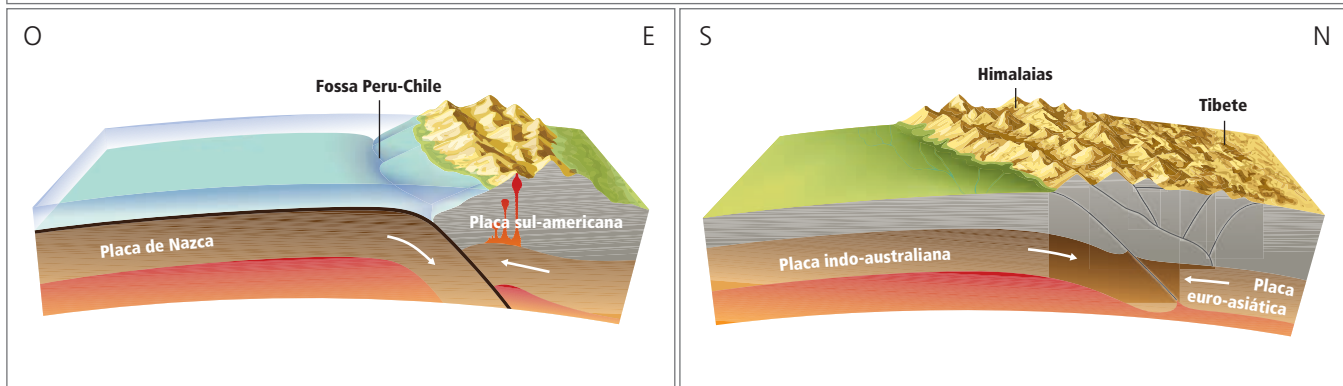
- Vulcanismo intenso.

- Expansão do fundo oceânico.

- Rutura entre continentes.

Limites convergentes

As placas aproximam-se uma da outra. Pode ocorrer destruição de litosfera.



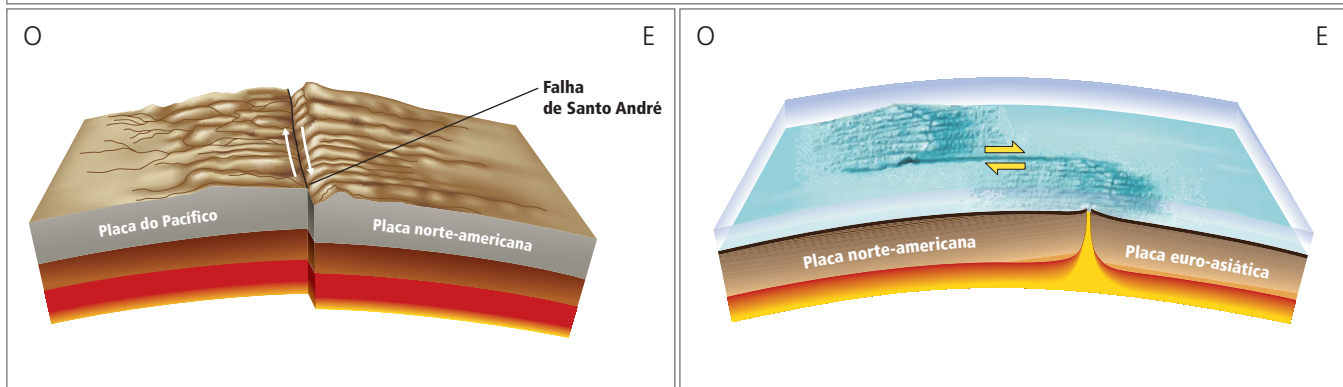
- Sismicidade intensa.

- Formação de relevos montanhosos.

- Vulcanismo.

Limites transformantes

As placas deslizam ao longo uma da outra. Não há formação nem destruição de litosfera.



- Sismicidade.



TRABALHO PRÁTICO

Quais são as consequências da tectónica de placas nos limites divergentes e nos limites convergentes?

Material

- Cartolina branca A3
- 2 cartolinas azuis A4
- Marcadores vermelho e preto
- Modelos do continente sul-americano e africano
- Plasticina amarela
- Tesoura
- Cola

Procedimento

Preparação do material:

1. Com a tesoura, abre uma ranhura com 30 cm de comprimento a meio da cartolina branca, sem chegares às extremidades.
2. Numa cartolina azul, desenha dois «vulcões», I e II, a 15 e 10 cm do limite inferior direito, respetivamente.
3. Na outra cartolina azul desenha o «vulcão» III, a cerca de 12 cm do limite inferior esquerdo.
4. Divide cada cartolina em cinco partes e pinta as bandas alternando a cor azul com a cor vermelha (inicia com a cor azul; as cores representam diferentes registos magnéticos das rochas).
5. Constrói em plasticina os modelos dos continentes sul-americano e africano.

Trabalho A

1. Insere, aproximadamente, metade das cartolinas azuis na ranhura da cartolina branca de forma que os vulcões desenhados fiquem abaixo da superfície da cartolina branca e virados para dentro.
2. Coloca os continentes (o americano na cartolina do lado esquerdo e o africano na do lado direito) de forma a formarem um só bloco e cola-os à cartolina respetiva.
3. Começa a afastar lentamente as cartolinas (tenta exercer a mesma força nas duas cartolinas).
4. Regista o que vai acontecendo aos continentes e às bandas coloridas.
5. Regista o momento do aparecimento dos «vulcões» I, II e III.

Trabalho B

1. Inverte o sentido do movimento das cartolinas, puxando-as agora através da ranhura. Fá-lo lentamente até que os continentes se toquem. Continua a puxar lentamente, assegurando-te de que os mesmos não se movem na cartolina.
2. Regista o que acontece aos continentes na zona de embate.

Resultados

— Registos obtidos nos passos 4 e 5 do trabalho A e no passo 2 do trabalho B. Podes optar por um registo escrito ou fotográfico.

Tópicos de discussão

1. Refere o que pretendem simular:
 - a) a ranhura da cartolina branca no trabalho A;
 - b) a ranhura da cartolina branca no trabalho B;
 - c) as duas cartolinas azuis.
2. Ordena os vulcões I, II e III por ordem crescente de idade.
3. Relaciona a idade das rochas presentes no fundo oceânico com a distância ao eixo da dorsal.
4. Compara a alternância das bandas paleomagnéticas de um e do outro lado do eixo da dorsal e justifica o padrão observado.
5. Que fenómeno se pretende simular com o trabalho A e quais são as consequências demonstradas?
6. Que fenómeno se pretende simular com o trabalho B e quais são as consequências demonstradas?

Conclusão

Responde à questão inicial desta atividade.

Deriva continental e tectónica de placas

Em 1915, Alfred Wegener apresentou a **Teoria da Deriva Continental**, segundo a qual os continentes já estiveram unidos num só continente, que designou por Pangeia.

Baseou a sua teoria em evidências morfológicas, paleontológicas, paleoclimáticas e litológicas, mas deixou por explicar o motivo da rutura dos continentes.



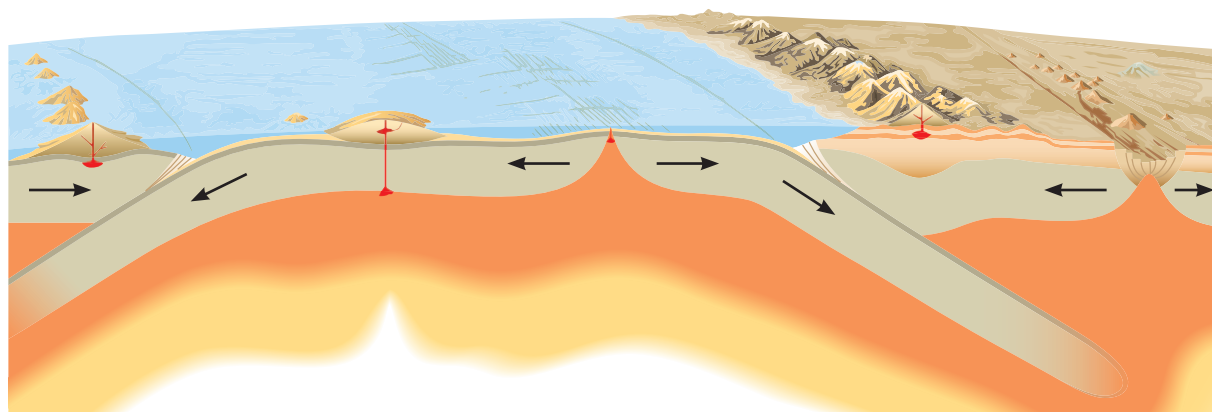
Para o conhecimento atual do **movimento dos fundos oceânicos** foram vários os contributos:

- A explicação das correntes de convecção como mecanismo explicativo do movimento dos oceanos.
- A localização dos principais sismos e vulcões nos limites das placas.
- O aperfeiçoamento das tecnologias que permitiram obter informações sobre o relevo (batimetria) e a idade dos fundos oceânicos.

A **Teoria da Tectónica de Placas** refere que as placas litosféricas se movimentam sobre a astenosfera, devido à força de tração, por afundamento, nas zonas de subducção e às correntes de convecção no manto.

A mobilidade das placas origina três tipos de limites: divergentes, convergentes e transformantes.

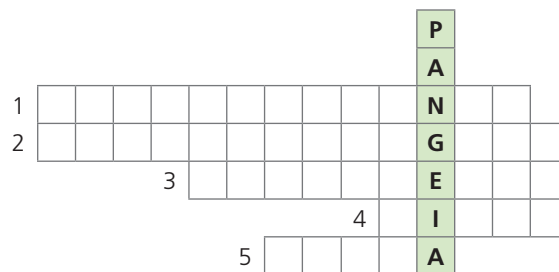
A tectónica de placas permite explicar a dinâmica interna e as suas consequências: vulcanismo, sismos, formação de montanhas e diferenças na distribuição dos seres vivos pelos diferentes continentes.



AVALIA CONHECIMENTOS

1 Completa o crucigrama.

1. Diz-se de um limite entre placas que deslizam uma em relação à outra no plano horizontal.
2. Argumento usado por Wegener que tinha em conta a localização do registo fóssil.
3. Diz-se do limite entre duas placas que se afastam uma da outra.
4. Vale situado no meio das dorsais oceânicas.
5. Enrugamento das rochas depois de sujeitas a tensões.



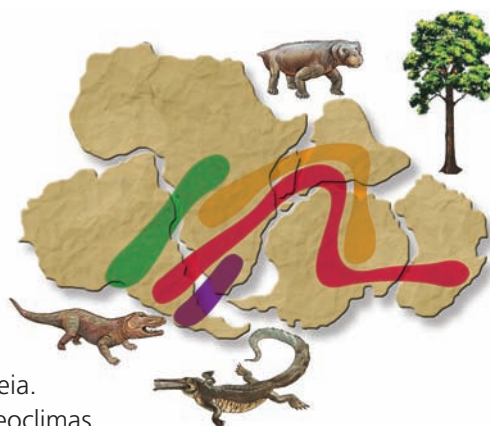
2 Observa a figura e responde às questões.

2.1 Na figura estão representados dois argumentos usados por Wegener para sustentar a sua teoria. Identifica-os.

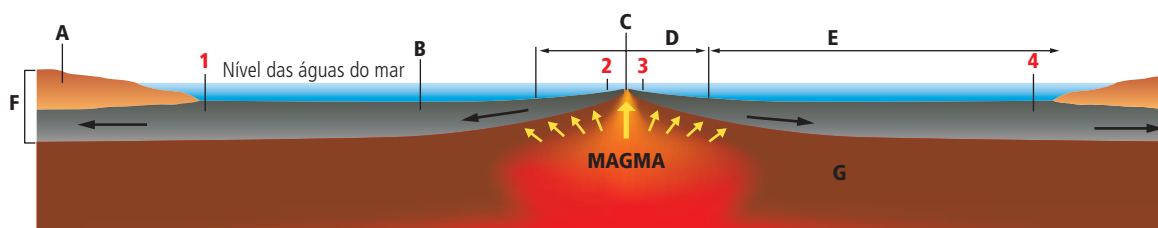
2.2 Como ficou conhecida a teoria proposta por Wegener?

2.3 Classifica as afirmações relativas à teoria de Wegener como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- A — Os continentes já estiveram todos unidos.
- B — O continente original designava-se por Pangeia.
- C — Apoiou-se no estudo da distribuição dos paleoclimas.
- D — Apoiou-se exclusivamente em dados paleontológicos e morfológicos.
- E — Os continentes afastam-se uns dos outros.
- F — Não há continuidade entre rochas em continentes separados.



3 Observa o esquema e responde às questões.



3.1 Faz corresponder cada letra do esquema (A a G) a um dos termos seguintes.

- Litosfera
- Planície abissal
- Dorsal oceânica
- Crosta continental
- Rifte
- Crosta oceânica
- Astenosfera

3.2 Os números 1, 2, 3 e 4 representam locais no fundo dos oceanos. Classifica as afirmações seguintes, sobre a idade das rochas aí localizadas, como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- A — As rochas do local 1 são mais recentes do que as do local 2.
- B — As rochas dos locais 2 e 3 têm mais ou menos a mesma idade.
- C — As rochas do local 4 são mais antigas do que as do local 2.
- D — As rochas encontradas nos locais 1, 2, 3 e 4 têm todas a mesma idade.

- 4 Lê o texto e responde às questões seguintes.

Deriva continental...



Alfred Wegener e a sua expedição à Gronelândia.

Em 1915, com 35 anos de idade, Alfred Wegener, meteorologista de formação, apresentou à comunidade científica a Teoria da Deriva dos Continentes, através da publicação do livro *Origem dos Continentes e dos Oceanos*. Wegener defendia que os continentes já haviam estado unidos num único supercontinente, tendo-se posteriormente separado e deslocado até às posições que atualmente lhes conhecemos. O movimento dos continentes, segundo o mesmo cientista, permanece na atualidade.

As suas ideias originaram, na época, muita controvérsia. Por um lado, ele defendia ideias completamente opostas às vigentes na altura e, por outro, a sua teoria apoiava-se em dados de várias ciências que transcendiam a sua formação académica, sendo por isso considerado um «intruso» por outros cientistas.

Apesar da polémica, Wegener permaneceu convicto da sua teoria, dedicando o seu tempo na procura de dados que a confirmassem. Morreu em 1930, vítima de uma tempestade com rajadas de vento na ordem dos 112 km/h e temperaturas de 51 °C negativos, enquanto dirigia uma expedição na Gronelândia, onde procurava encontrar evidências de que o movimento de abertura do oceano Atlântico permanece até à atualidade.

Wegener nunca conseguiu explicar o mecanismo de rutura dos continentes, nem conseguiu uma explicação credível para o movimento dos mesmos.

Em 1939, nove anos após a morte de Wegener, inicia-se a Segunda Guerra Mundial. Com ela verifica-se um forte investimento na reativação de tecnologia que visava a deteção de submarinos nos fundos oceânicos. Esta tecnologia aperfeiçoada foi utilizada pelos geólogos, após a guerra, permitindo investigar os fundos oceânicos e pôr em evidência o facto de os mesmos serem dinâmicos, abrindo assim portas à credibilidade da teoria de Wegener.

De acordo com Gibbrian (1986), há apenas uma explicação para a rejeição da teoria de Wegener na época e para a sua aceitação no presente: os interlocutores eram outros, isto é, para aceitá-la era necessária uma mudança radical do pensamento geológico da época.

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/pangeia/pangeia.php>
http://essa.ie.ul.pt/ficheiros/artigos/revistas_com_revisao_cientifica/2001_derivacontinental.pdf
(adaptado).

- 4.1 Enumera as características que consideras que Wegener possuía e que faziam dele um bom cientista.
- 4.2 Por que razão a teoria de Wegener não foi bem aceite pelos seus contemporâneos?
- 4.3 Com base no texto, justifica a forte relação que se pode estabelecer entre Ciência, sociedade e tecnologia.

5.1

A reação das rochas quando sujeitas a tensões

Dobra — fold
Falha — fault

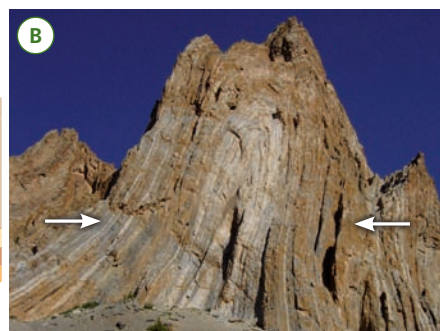
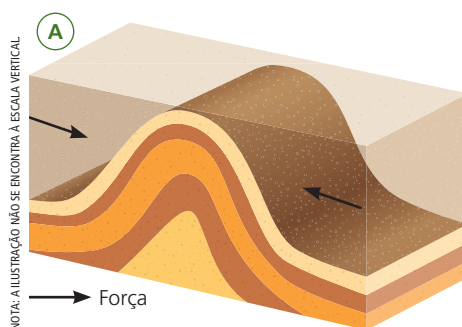
Uma das consequências da dinâmica da Terra é a existência de tensões no seu interior. Como consequência destas tensões, as rochas sofrem deformações. As características destas deformações variam de acordo com a natureza das próprias rochas, as condições de pressão e temperatura a que estão sujeitas, a intensidade da tensão que sobre elas é aplicada, o tempo de atuação da mesma e a sua direção.

As rochas podem apresentar diferentes comportamentos quando sobre elas são aplicadas forças:

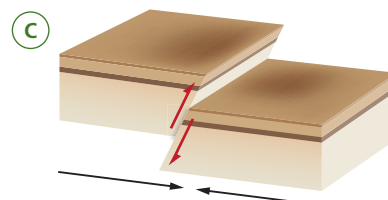
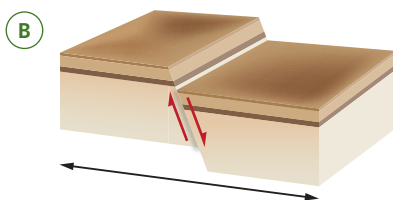
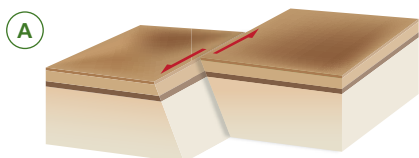
- Podem mudar temporariamente a sua forma, voltando ao estado inicial quando a força é retirada — **comportamento elástico**.
- Podem alterar a sua forma irreversivelmente, dobrando sem quebrar — **comportamento dúctil**.
- Podem quebrar-se — **comportamento frágil**.

Quando as rochas adotam comportamento dúctil ou frágil, sofrem alterações irreversíveis que podem ser visíveis quando elas surgem à superfície terrestre. Na primeira situação, formam-se estruturas enrugadas que se designam por **dobras** **1** e na segunda situação formam-se **falhas** **2** e **3**. As falhas são fraturas que estão associadas a movimentos dos blocos.

As dobras estão geralmente associadas a forças de compressão, enquanto as falhas podem estar associadas a forças laterais, de compressão ou de distensão.



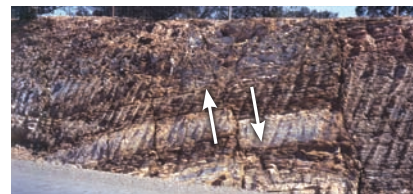
1 As dobras formam-se e geram-se a grandes profundidades e estão normalmente associadas a forças de compressão.



2 As falhas podem estar associadas a forças laterais [A], de distensão [B] ou de compressão [C].

Quando se geram falhas, ocorre libertação de energia sob a forma de tremor de terra ou mesmo de ruído, a qual tende a propagar-se, originando-se os sismos.

A maior parte dos sismos ocorre em falhas já existentes, normalmente designadas por falhas ativas.



3 Falha.



TRABALHO PRÁTICO

Como reagem os diferentes materiais quando sujeitos a tensões?

Material

- Pau de gelado
- Esponja
- Barra de plasticina
- Pau de giz

Procedimento

1. Pega no pau de gelado e dobra-o com força.
2. Repete o mesmo procedimento com a plasticina, a esponja e o pau de giz. Exerce nos diferentes materiais forças semelhantes.
3. Regista o aspeto de cada um dos materiais que usaste (através de desenho ou fotografia digital) antes, durante e depois de aplicares a força.

Resultados

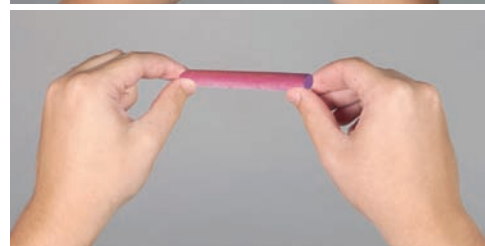
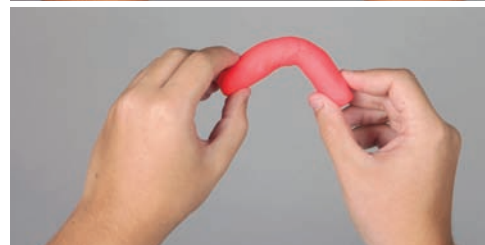
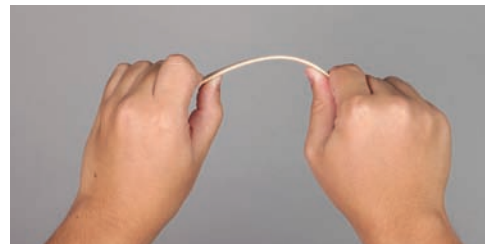
— Apresenta os resultados sob a forma de esquemas ou de fotografias.

Tópicos de discussão

1. Classifica cada um dos materiais como elástico, dúctil ou frágil, atendendo à forma como os mesmos se comportaram.
2. Relaciona o comportamento dos materiais estudados com as formações obtidas.
3. Na Terra, em que situações se podem gerar fenómenos semelhantes aos que simulaste?

Conclusão

Responde à questão inicial da atividade.



ATIVIDADE

- 1 No teu caderno, atribui a cada uma das afirmações seguintes a letra D, a letra F ou o par DF, caso se aplique a dobra, a falha ou a ambas, respetivamente.
 - I. Ocorre quando a rocha é sujeita a forças compressivas.
 - II. O material comporta-se de forma dúctil.
 - III. Há rutura da rocha inicial.
 - IV. Pode acontecer num ambiente distensivo.
 - V. O material adotou um comportamento frágil.



Como se formam as dobras e as falhas?

Material

- blocos de plasticina de 3 cores
- bolachas de baunilha

Procedimento

1. Coloca 3 blocos de plasticina, na horizontal, sobrepostos.
2. Coloca o conjunto entre as mãos e pressiona as mãos de encontro uma à outra. Observa e regista os resultados.
3. Repete os passos 1 e 2, mas desta vez puxa a estrutura criada com os blocos de plasticina em sentidos opostos. Observa e regista os resultados.
4. Coloca 3 bolachas baunilha, na horizontal, sobrepostas.
5. Coloca o conjunto entre as mãos e pressiona as mãos de encontro uma à outra. Observa e regista os resultados.
6. Repete os passos 4 e 5, mas desta vez puxa a estrutura criada com os blocos de bolachas em sentidos opostos. Observa e regista os resultados.

Resultados

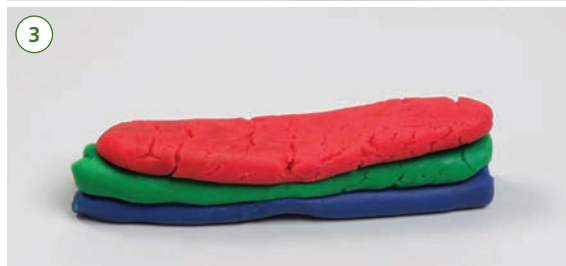
1. Desenha, ou fotografa, os resultados obtidos em 2, 3, 5 e 6.

Tópicos de discussão

1. Que tipo de comportamento adotaram:
 - a) os blocos de plasticina?
 - b) as bolachas?
2. O que se pretendeu simular quando:
 - a) se pressionou o material entre as mãos?
 - b) se puxou o material em sentidos opostos?
3. Que locais da Terra se pretende simular em:
 - a) 2 e 5?
 - b) 3 e 6?

Conclusão

Responde à questão inicial desta atividade. Justifica a tua resposta.



- 1** Lê o texto, observa as imagens e responde às questões.

Os Himalaias, a região topograficamente mais alta do Mundo, situam-se no continente asiático e abrangem cinco países (Índia, China, Butão, Nepal e Paquistão).

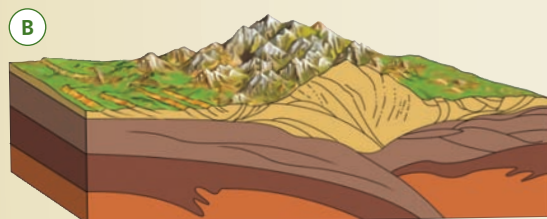
São constituídos por centenas de picos de onde se destaca o monte Everest [A]. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) permitiu precisar corretamente a altura exata deste pico, 8850 m, que é considerado o ponto mais elevado do Planeta.

Os Himalaias são das formações montanhosas mais recentes do Planeta e resultaram da colisão entre duas placas continentais (a indo-australiana e a euro-asiática).

Quando duas placas continentais convergem, e por possuírem propriedades físicas semelhantes, o processo de subducção, comum no embate entre uma placa oceânica e continental, é dificultado, registando-se, apenas, a formação de montanhas [B].



Monte Everest.

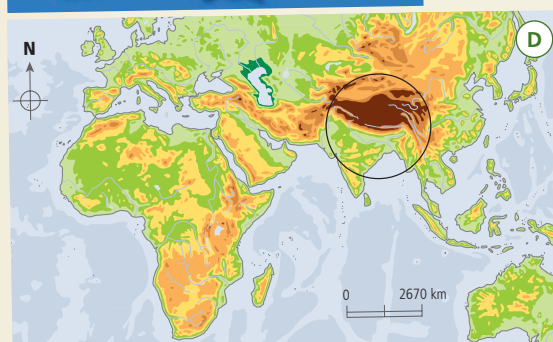


Do choque entre duas placas continentais resulta a formação de montanhas.

O movimento que provocou a colisão entre as duas placas iniciou-se há cerca de 70 milhões de anos, calculando-se que o encontro entre as mesmas tenha ocorrido há 50 milhões de anos [C].

As placas continuam a movimentar-se. O recurso ao GPS também tornou possível medir o movimento das placas e o aumento de altitude, estimando-se que o movimento se faça a uma velocidade média de 20 mm/ano, pelo que se calcula que os Himalaias continuem a elevar-se cerca de 5 mm/ano. Esta elevação é atenuada pela erosão.

O movimento convergente contínuo das duas placas é sentido na atualidade pela atividade sísmica da região, onde frequentemente ocorrem terremotos.



Esquema do movimento do continente indiano ao longo dos tempos [C] e na atualidade [D].

- 1.1** Identifica o tipo de limite de placas que deu origem aos Himalaias.
- 1.2** Fundamenta a afirmação seguinte.
O recurso à tecnologia atual permite obter mais dados que corroboram a Teoria da Tectónica de Placas.
- 1.3** Justifica a ocorrência de sismos periódicos nos Himalaias.
- 1.4** As rochas que constituem a base destas montanhas encontram-se muito deformadas. Justifica este facto.

Deformação das rochas

As rochas, quando sujeitas a tensões, podem adotar um comportamento **elástico** (alterando a sua forma de modo reversível), um comportamento **dúctil** (alterando, sem quebrar, a sua forma de modo irreversível), o que levará à formação de **dobras**, ou um comportamento **frágil** (quebrando), o que levará à formação de falhas.

As **dobras** formam-se exclusivamente quando sobre o material atuam forças compressivas, enquanto as **falhas** se formam independentemente da direção das forças (laterais, distensivas ou compressivas).



AVALIA CONHECIMENTOS

- 1 Observa a figura, que representa deformações numa rocha.



1.1 Identifica as deformações assinaladas na figura pelas letras A e B.

1.2 Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação seguinte.

Podemos afirmar que a região representada na figura esteve sujeita a forças [...] e que a rocha apresentou um comportamento [...].

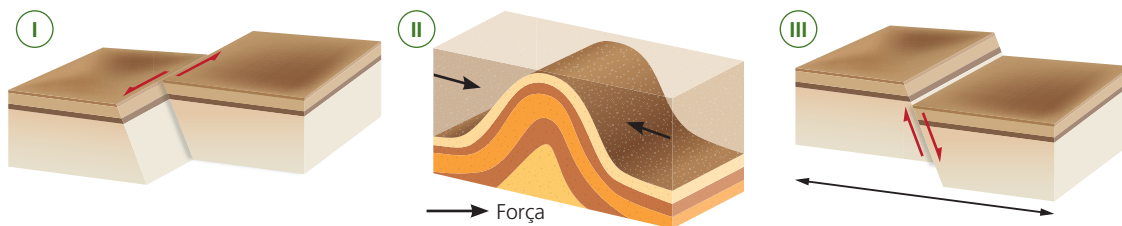
A — compressivas [...] frágil

B — distensivas [...] frágil

C — compressivas [...] inicialmente dúctil e depois frágil

D — distensivas [...] inicialmente dúctil e depois frágil

- 2 Observa as figuras e responde às questões.



2.1 Faz corresponder o(s) número(s) da(s) figura(s) a cada uma das afirmações.

A — As rochas tiveram um comportamento dúctil.

B — As rochas tiveram um comportamento frágil.

C — Atuaram forças compressivas sobre as rochas.

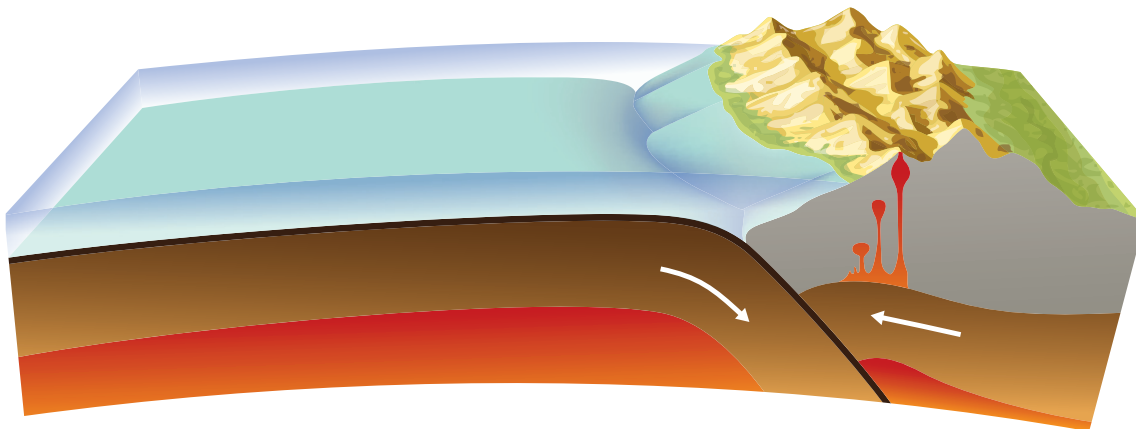
D — Atuaram forças distensivas sobre as rochas.

E — Atuaram forças laterais sobre as rochas.

2.2 Refere a razão pela qual as deformações representadas nas figuras são mais abundantes nas regiões de limites de placas tectónicas.

RELACIONA CONHECIMENTOS

- 1** Observa a figura e responde às questões.



- 1.1** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação seguinte.
A figura representa...
- A — ... um limite convergente.
 - B — ... um limite divergente.
 - C — ... um limite conservativo.
 - D — ... uma zona de estabilidade.
- 1.2** Classifica como verdadeiras (V) ou falsas (F) as afirmações que pretendem completar a afirmação que se segue.
Na região representada na figura ocorre(m)...
- A — ... destruição de crosta.
 - B — ... sismos.
 - C — ... deformação das rochas.
 - D — ... construção de crosta.
 - E — ... atividade vulcânica.
 - F — ... formação de relevos.
- 1.3** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação seguinte.
Na figura é possível observar rochas deformadas, nomeadamente [...], o que se justifica por estarem a atuar forças [...].
- A — dobras [...] compressivas
 - B — falhas [...] distensivas
 - C — dobras [...] laterais
 - D — falhas [...] laterais
- 2** Justifica a afirmação que se segue.
Apesar de haver locais na Terra em que há destruição de crosta, esta mantém uma área mais ou menos constante ao longo do tempo.
- 3** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação seguinte.
Nos limites divergentes não ocorre a formação de dobras porque...
- A — ... as rochas, nestes locais, têm sempre um comportamento elástico.
 - B — ... as rochas, nestes locais, têm sempre um comportamento dúctil.
 - C — ... as dobras só se formam em limites convergentes.
 - D — ... as dobras só se formam em limites transformantes.

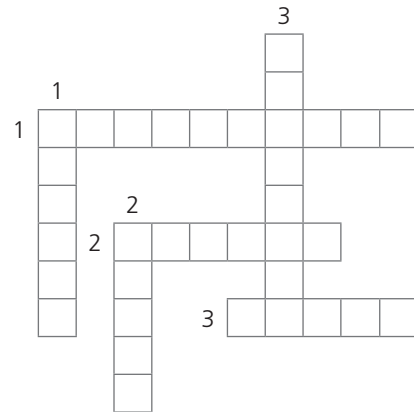
4 Resolve o crucigrama.

HORIZONTAIS:

1. Alteração que ocorre como consequência de uma tensão.
2. Diz-se do comportamento do material que, como consequência de uma força, se quebra.
3. Estrutura enrugada em que o material se comporta de forma dúctil.

VERTICAIS:

1. Diz-se do comportamento do material que, como consequência de uma força, altera a sua forma irreversivelmente.
2. Fratura que se encontra associada a movimentos dos blocos.
3. Diz-se do comportamento do material que, como consequência de uma força, muda temporariamente a sua forma, voltando ao estado inicial quando a força é retirada.



5 Encontra palavras relativas à deformação das rochas na sopa de letras.

U	A	X	M	J	L	R	A	D	E	J	R	O	B	E	F	T	I	P
A	D	C	E	T	U	O	D	E	S	A	C	V	E	O	I	N	P	M
S	C	O	M	P	O	R	T	A	M	E	N	T	O	G	I	C	T	E
D	O	N	H	G	I	O	R	J	E	A	S	O	P	U	T	I	E	G
A	M	D	X	E	D	A	X	E	S	A	V	E	T	U	M	A	N	F
X	P	E	O	E	U	T	R	A	M	D	X	D	L	A	T	B	S	S
V	R	O	G	S	C	R	O	C	D	E	F	O	R	M	A	Ç	A	O
R	E	L	A	S	T	I	C	O	X	E	D	B	M	U	O	D	O	E
E	S	A	R	E	I	S	H	C	E	D	S	R	O	P	K	M	H	G
F	S	E	F	A	L	H	A	A	T	I	V	A	T	R	A	A	D	U
D	A	O	P	U	T	U	O	D	E	S	F	S	R	O	C	S	C	R
S	O	E	T	U	M	P	K	M	H	T	D	A	I	C	O	D	O	I
D	X	E	D	S	A	C	V	E	O	E	S	O	S	H	C	A	M	P
E	O	E	U	M	E	N	T	O	G	N	D	X	H	A	A	M	O	Q
O	G	S	C	E	A	S	O	P	U	S	E	O	U	O	D	T	E	L
A	R	E	I	S	H	C	E	F	R	A	G	I	L	C	X	Ç	A	N
E	R	A	S	C	T	Y	I	U	O	O	L	M	H	U	G	O	D	O
G	P	O	M	T	A	B	D	I	C	S	S	N	D	H	O	T	F	L
V	N	L	D	J	G	U	V	Q	F	Z	A	I	E	R	C	Q	B	M

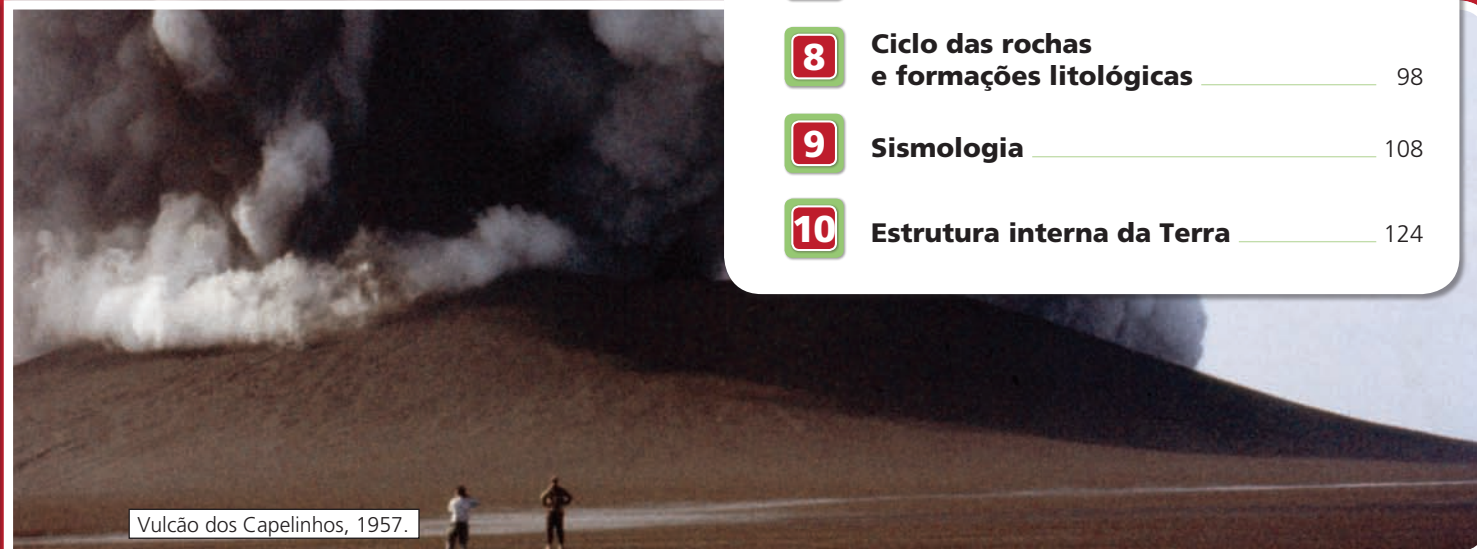
CONSEQUÊNCIAS DA DINÂMICA INTERNA DA TERRA



No fim deste bloco deverá ser capaz de:

- Esquematizar a estrutura de um aparelho vulcânico.
- Distinguir diferentes tipos de materiais expelidos pelos vulcões.
- Estabelecer uma relação entre o tipo de magma e o tipo de atividade vulcânica.
- Exemplificar manifestações de vulcanismo secundário.
- Explicar os benefícios do vulcanismo para as populações.
- Referir medidas de prevenção e de proteção do risco vulcânico.
- Inferir a importância da ciência e da tecnologia na previsão de erupções vulcânicas.
- Reconhecer as manifestações vulcânicas como consequência da dinâmica interna da Terra.
- Explicar a origem das rochas magmáticas plutônicas e vulcânicas.
- Identificar diferentes tipos de rochas plutônicas e vulcânicas.
- Relacionar a gênese das rochas magmáticas com a respetiva textura.
- Explicar o conceito de metamorfismo, associando-o à dinâmica interna da Terra.
- Identificar os principais fatores que contribuem para a formação de rochas metamórficas.
- Distinguir metamorfismo de contacto de metamorfismo regional.
- Identificar diferentes tipos de rochas metamórficas.
- Relacionar o tipo de metamorfismo com o tipo de estrutura da rocha metamórfica.

6	Vulcanismo	72
7	Rochas magmáticas e rochas metamórficas	88
8	Ciclo das rochas e formações litológicas	98
9	Sismologia	108
10	Estrutura interna da Terra	124



Vulcão dos Capelinhos, 1957.



Efeitos do sismo no Japão, março de 2011.

VISITA DE ESTUDO A UM MUSEU GEOLÓGICO

No nosso país, podes visitar vários museus geológicos. Podes encontrá-los no Faial (Museu Geológico do Vulcão), em Vila Real (Museu Geológico da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro), no Funchal (Museu de História Natural do Funchal) e em Lisboa (Museu Geológico).

- Descrever o ciclo das rochas.
- Enunciar os processos geológicos envolvidos no ciclo das rochas.
- Identificar diferentes grupos de rochas existentes em Portugal.
- Referir aplicações das rochas.
- Reconhecer as rochas utilizadas nas construções da tua região.
- Defender que a exploração dos recursos litológicos deve ser feita de forma sustentável.
- Explicar a formação de um sismo, associando-o à dinâmica interna da Terra.
- Associar a vibração das rochas ao registo das ondas sísmicas.
- Distinguir a escala de Richter da escala macro sísmica europeia.

- Interpretar cartas de isossistas.
- Identificar o risco sísmico em Portugal e na tua região.
- Indicar os riscos associados à ocorrência de um sismo.
- Descrever medidas de proteção de bens e de pessoas, antes, durante e após a ocorrência de um sismo.
- Relacionar a distribuição dos sismos e dos vulcões com os diferentes limites de placas tectónicas.
- Relacionar a inacessibilidade do interior da Terra com as limitações dos métodos diretos.
- Explicar os contributos da planetologia, da sismologia e da vulcanologia para o conhecimento do interior da Terra.
- Caracterizar a estrutura interna da Terra com base nas propriedades físicas e químicas.

■ Introdução

A Terra é um planeta dinâmico cuja superfície está dividida em placas sólidas e deformáveis que se movimentam umas em relação às outras, movimento esse causado, entre outros fatores, pelo calor existente no interior da Terra. A movimentação das placas tectônicas explica a circulação de materiais quer do interior do Planeta para a sua superfície quer no percurso inverso.

Quais serão as consequências deste fluxo de materiais?

Não poderá a ocorrência de sismos e vulcões, localizados em regiões preferenciais associadas a determinadas zonas de contacto entre as placas, ser um resultado da dinâmica interna do Planeta?

Não será este movimento de materiais entre locais distintos do Planeta, sujeitos a condições de temperatura e pressões também elas distintas, o responsável pelas alterações que as rochas sofrem e que se expressam no ciclo das rochas?

E, consequentemente, não poderá o estudo destes fenómenos, gerados no interior da Terra e que se expressam à sua superfície, ajudar a compreender o interior do Planeta, que, apesar da evolução da tecnologia, continua fisicamente inacessível ao Homem?

Poderemos algum dia vir a conhecer totalmente o interior da Terra?

Esta é uma questão que nunca deixou de apaixonar os geólogos, que, por isso mesmo, continuam a investigar e a estudar, pois em Ciência nada é definitivo.



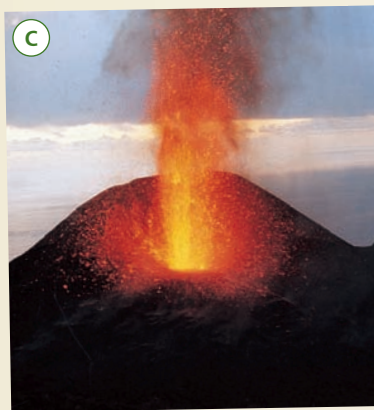
1 Erupção do vulcão Etna, em Itália [A] e efeitos do sismo de 11 de março de 2011, no Japão [B].

■ As tuas perguntas...

Quais são os resultados
da dinâmica interna da Terra?



As rochas transformam-se umas
nas outras?



Porque ocorrem
sismos e vulcões
na Terra?



Qual será a prevenção possível
para estes fenómenos?

Como é possível
conhecer o interior
da Terra?



De onde vem tanta energia?

(Questões elaboradas por alunos do 7.º ano.)

■ Será que sabes?

Classifica as afirmações seguintes como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. O interior da Terra é constituído por níveis.
- II. A lava que sai dos vulcões vem do núcleo da Terra.
- III. As rochas magmáticas chegam à superfície sempre por fenómenos de vulcanismo.
- IV. As camadas que constituem o interior da Terra possuem todas a mesma espessura.
- V. Os vulcões podem ocorrer nos continentes e nos oceanos.
- VI. A probabilidade de ocorrerem sismos e vulcões não é igual em todos os locais da Terra.
- VII. Sempre que há um sismo ocorre um *tsunami*.
- VIII. Um sismo pode ter efeitos diferentes em locais distintos.

6.1 Os vulcões

O ramo da Geologia que se dedica ao estudo do vulcanismo é a **Vulcanologia** e os cientistas que a estudam são os **vulcanólogos** **1**.

O vulcanismo é um conjunto de fenómenos que abrange todos os processos relacionados com a libertação de materiais sólidos, líquidos e gasosos provenientes do magma, desde o interior da Terra até à superfície da crosta, quer nos continentes quer nos oceanos **2**.

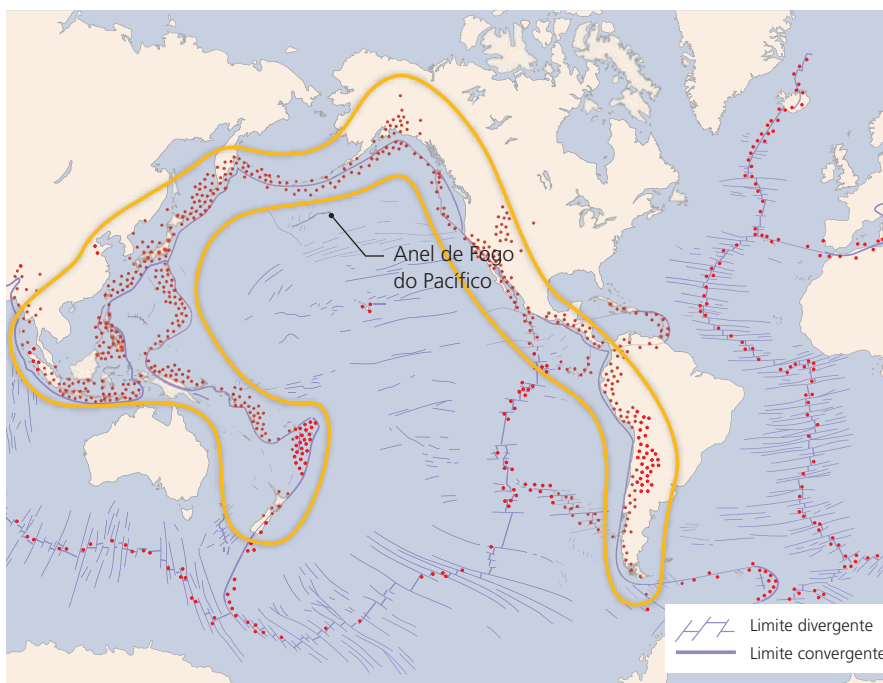
O vulcanismo pode ser classificado como primário ou principal, quando se manifesta através de erupções vulcânicas, e como secundário ou atenuado, quando se manifesta através de fumarolas, géiseres e nascentes termais. A grande maioria dos vulcões ativos do Planeta situa-se no limite convergente com subducção, na zona que circunda o Pacífico **3**.



1 Vulcanólogo recolhendo uma amostra de lava.



2 Erupção do vulcão submarino da Serreta, em 1998, nos Açores.



3 O Anel de Fogo do Pacífico é o local do Planeta onde se concentra a maioria dos vulcões ativos.

ATIVIDADE

- 1** Observa o mapa e explica por que razão o limite da placa do Pacífico recebe frequentemente a designação de «Anel de Fogo».

A palavra «vulcão» deriva de «*Vulcano*», que era o deus do fogo na mitologia romana. Um vulcão é constituído por várias partes, resultando numa estrutura que recebe o nome de **aparelho vulcânico**. Podemos dizer que um vulcão é uma abertura na superfície terrestre que põe em contacto o interior com a superfície, e por onde se libertam materiais de origem magmática.

No interior da Terra, a temperatura é muito elevada, o que origina uma mistura constituída por rochas fundidas, gases e alguns constituintes das rochas no estado sólido. Esta mistura, que está a uma pressão elevada e a uma temperatura entre os 800 °C e os 1200 °C, chama-se **magma**.

■ A constituição de um vulcão

Existem vulcões maiores e menores, com vertentes mais ou menos inclinadas, nos oceanos e nos continentes, mas geralmente apresentam os mesmos constituintes e, na maioria, uma forma mais ou menos cónica [4].

O magma, proveniente do manto, acumula-se a uma profundidade entre os 4 e os 10 km na **câmara magmática**, que é um reservatório localizado no interior da crosta. Quando a pressão aumenta no interior da câmara magmática, o magma sobe através da **chaminé vulcânica**, canal que liga a câmara magmática à superfície. No topo da chaminé, à superfície, existe uma abertura em forma de funil, a **cratera**, por onde saem os materiais vulcânicos.

À medida que os materiais vão sendo libertados, depositam-se e acumulam-se à volta da cratera, originando uma estrutura cónica — o **cone vulcânico**.

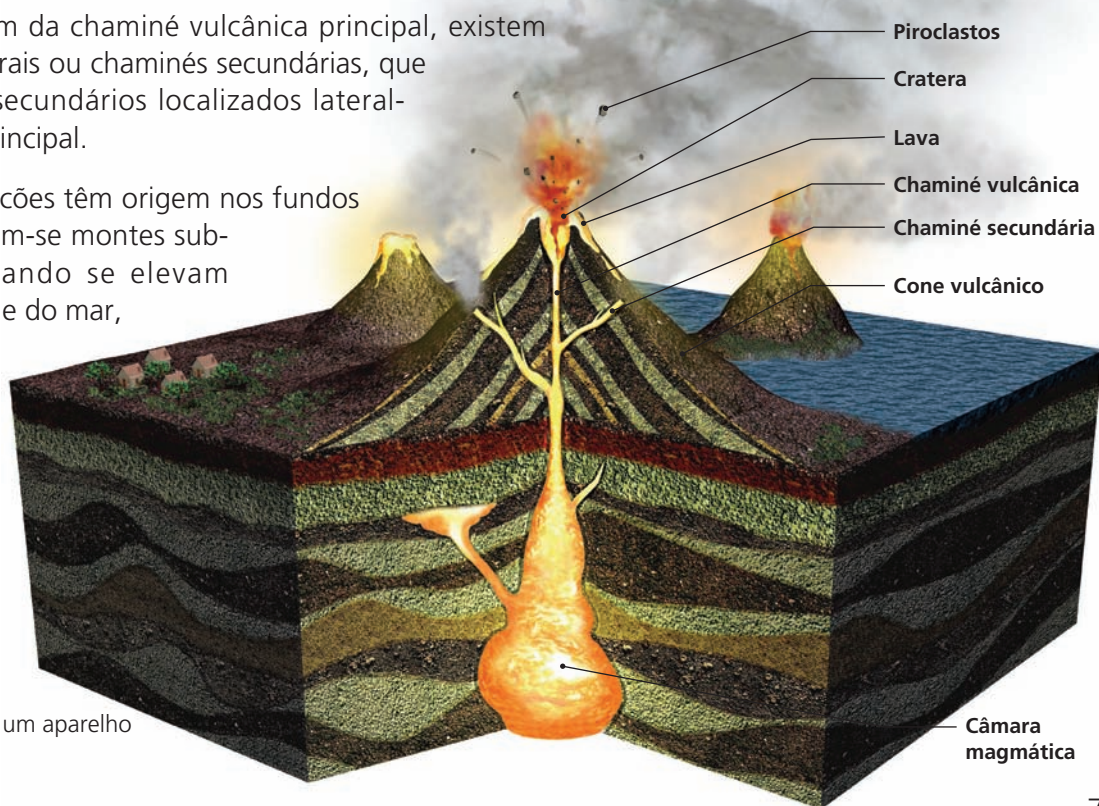
Por vezes, além da chaminé vulcânica principal, existem outros canais laterais ou chaminés secundárias, que originam cones secundários localizados lateralmente ao cone principal.

Quando os vulcões têm origem nos fundos marinhos, originam-se montes submarinos ou, quando se elevam acima da superfície do mar, as ilhas vulcânicas, como é o caso das ilhas dos arquipélagos dos Açores e da Madeira.

Aparelho vulcânico — *volcanic unit*
Magma — *magma*
Câmara magmática — *magma chamber*
Chaminé vulcânica — *volcanic chimney*
Cratera — *crater*
Cone vulcânico — *volcanic cone*

SABIAS QUE...

... a Islândia é a maior ilha vulcânica do Mundo e que possui mais de 200 vulcões ativos?



NOTA: A ESCALA VERTICAL NÃO FOI CONSERVADA.

[4] Constituição de um aparelho vulcânico.

Lava — lava
Piroclasto — tephra
Gases — gases
Nuvem ardente — pyroclastic flow

Os materiais expelidos pelos vulcões

Durante uma erupção vulcânica podem ser libertados materiais sólidos, líquidos e gasosos **5**.

A **lava**, material vulcânico no estado líquido, origina-se a partir do magma, com a perda de gases por parte deste durante a subida. Dependendo da sua composição química e da velocidade com que arrefece, assim toma aspetos diferentes: lava escoriácea, lava encordoada e lava em rolo ou almofada.

Durante uma erupção, são projetados fragmentos de lava que solidificam durante a queda. Designam-se por **piroclastos** («pyro», fogo, e «klasto», fragmento) e podem ser classificados segundo as suas dimensões.

Os **gases** que se libertam são o vapor de água (em maior quantidade), o dióxido de carbono e o dióxido de enxofre, entre outros. Muitos desses gases são tóxicos, podendo causar a morte.

Por vezes, nas erupções mais violentas, liberta-se uma mistura de piroclastos de dimensões variadas e gases a elevadas temperaturas a que se dá o nome de **nuvem ardente**. Esta caracteriza-se por se deslocar ao longo da vertente do cone vulcânico a grande velocidade.

SABIAS QUE...

... uma nuvem ardente chega a atingir temperaturas de 1000 °C e pode deslocar-se a 300 km por hora?



5 Materiais expelidos pelos vulcões. (A escala vertical não foi conservada na ilustração.)

ATIVIDADES

1 Lê o texto e responde às questões.

[...] Na madrugada do dia 27 de setembro de 1957, com a terra tremendo, o mar entrava em ebulição e havia cheiros fétidos!

Às 7 horas o oceano já «fumejava» e às 8 horas surgiram as primeiras cinzas. Assim começou a fase submarina do vulcão dos Capelinhos. Ao fim do dia, havia uma coluna de vapor com mais de 4 km de altura, visível de todas as ilhas do grupo central.

Em início de outubro as cinzas eram tantas que se formou uma ilha, com forma de ferradura. Quando o vento rodava para oeste, as cinzas caíam no Faial, destruindo a vegetação, e, com o tempo, começaram a cobrir casas, pastos e caminhos.

No dia 16 de dezembro, em vez de cinzas, o vulcão passou a lançar repuxos de rocha fundida.

Nos fins de dezembro regressou a fase de cinzas.

A terra tremia continuamente. Na noite de 12 para 13 de maio de 1958, a ilha do Faial foi sacudida por uma violenta crise sísmica. Não morreu ninguém porque o engenheiro Frederico Machado recomendou ao Governador que a população fosse retirada das suas casas. Foi uma decisão arriscada e notável!!!

De maio em diante o vulcão dos Capelinhos passou inteiramente à fase terrestre, com emissão de bagacinas incandescentes e longos rios de lava fluida.

Foram libertados 24 milhões de metros cúbicos de rocha em fusão. No dia 25 iniciou-se o processo de desgaseificação, de arrefecimento e de erosão, que perdura até aos tempos atuais.



Erupção do vulcão dos Capelinhos.

O vulcão dos Capelinhos ainda se pode considerar único no mundo das Ciências Vulcanológicas, nomeadamente por ter sido fotografado, observado, estudado e interpretado desde o respetivo início até ao «adormecimento», em calma tarde de 24 de outubro de 1958.

<http://www.vulcaodoscapelinhos.org>
(adaptado)

- 1.1 Em que dia e em que local teve início a atividade do vulcão dos Capelinhos? Justifica com expressões retiradas do texto.
- 1.2 Quais foram os materiais expelidos pelo vulcão?
- 1.3 Relaciona os «tremores» de terra descritos no texto com a erupção vulcânica.
- 1.4 Concordas com a decisão de Frederico Machado? Justifica a tua resposta.
- 1.5 Explica o significado da expressão «O vulcão dos Capelinhos ainda se pode considerar único no mundo das Ciências Vulcanológicas.»

2 Observa as imagens e responde às questões.

A Erupção vulcânica.	B	C Após a erupção, a câmara magmática não é reabastecida. A parte superior do cone vulcânico abate por falta de sustentação e forma-se uma caldeira.	D Por acumulação das águas da chuva, a caldeira transforma-se numa lagoa.
------------------------------------	-----------------	---	---

- 2.1 Indica o que acontece quando a câmara magmática fica vazia.
- 2.2 Relaciona o diâmetro e a forma da caldeira com o diâmetro e a forma da câmara magmática.
- 2.3 Justifica a seguinte afirmação: «Nem todas as caldeiras se transformam em lagoas.»



TRABALHO PRÁTICO

Como se distinguem os diferentes materiais expelidos pelos vulcões?

Material

- Amostras de cinzas, de lapili e de bombas (piroclastos)
- Amostras de pedra-pomes e de escória (rochas vulcânicas)
- Lupa de mão
- Régua graduada de 10 cm
- Tina com água

Procedimento

1. Utilizando a régua, procede à medição de 3 cinzas, de 3 lapili e de 3 bombas.
2. Insete na tina com água a pedra-pomes e a escória.
3. Regista os resultados obtidos em 1 e em 2.



Resultados

AMOSTRAS		TAMANHO (mm)	VALOR MÁXIMO E MÍNIMO
Cinzas	1		entre _____ e _____
	2		
	3		
Lapili	1		entre _____ e _____
	2		
	3		
Bombas	1		entre _____ e _____
	2		
	3		

AMOSTRAS	COMPORTAMENTO NA ÁGUA	
	Flutua	Não flutua
Pedra-pomes		
Escória		

Tópicos de discussão

1. Das amostras observadas, qual delas crês poder ser transportada a maiores distâncias durante mais tempo? Justifica a tua resposta.
2. Ordena por ordem crescente de tamanho os piroclastos observados.
3. Explica o comportamento das amostras de pedra-pomes e de escória na água.
4. Estabelece uma relação entre as características da pedra-pomes e a riqueza em gases da lava que a originou.

Conclusão

Responde à questão que serve de título à atividade.

■ Classificação das erupções vulcânicas

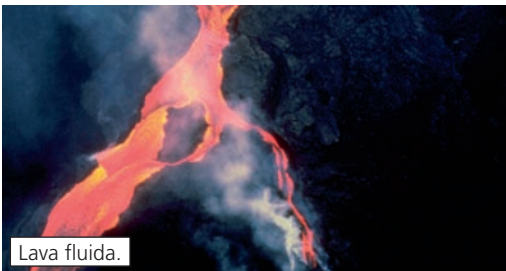
A composição química do magma e o seu teor em gases influenciam a sua viscosidade, dando origem a erupções com características diferentes: as **erupções efusivas** estão associadas a magmas pouco viscosos (muito fluidos), pobres em gases, e as **erupções explosivas** estão associadas a magmas viscosos (pouco fluidos), ricos em gases.

O que acontece numa erupção vulcânica é semelhante ao fenómeno que se produz quando agitamos uma garrafa de espumante **6**: a pressão é tão forte que o magma é obrigado a escapar-se para a superfície, penetrando por todas as fraturas das rochas. Um mesmo vulcão pode ter, alternadamente, uma erupção explosiva e outra efusiva.

Erupção efusiva — *effusive eruption*
Erupção explosiva — *explosive eruption*



6
 O aumento da pressão no líquido provoca a expulsão da rolha.

TIPOS DE ERUPÇÃO VULCÂNICA		
Características	Erupção efusiva	Erupção explosiva
Aparelho vulcânico	 Tavurvur, Papua-Nova Guiné. Cone baixo, pouco inclinado.	 Monte Ngauruhoe, Nova Zelândia. Cone alto, muito inclinado.
Viscosidade da lava	 Lava fluida.  Rio de lava. Viscosidade baixa. As lavas fluidas formam grandes escoadas (rios de lava) que podem percorrer centenas de quilómetros e solidificam lentamente.	 Lava viscosa.  Domo. Viscosidade elevada. Em situações extremas de viscosidade, as lavas solidificam na cratera, formando as agulhas (pontiagudas) ou os domos (arredondados).
Quantidade de gases no magma	Poucos gases, que se libertam suavemente.	Muitos gases, que se libertam com dificuldade.
Piroclastos libertados	Praticamente inexistentes.	Cinzas, lapili, bombas, blocos. Formação de nuvens ardentes.



TRABALHOS PRÁTICOS

A Como é que a viscosidade/fluidez de uma substância interfere no seu comportamento?

Material

- Água
- Mel
- Pasta de dentes
- Mostarda
- Placa de vidro
- 4 seringas
- Cronómetro



Procedimento

1. Coloca a placa de vidro com uma certa inclinação.
2. Coloca uma gota de água no topo da placa e cronometra o tempo que a mesma leva a atingir a sua base.
3. Repete o passo anterior para o mel, a mostarda e a pasta de dentes.
4. No teu caderno, elabora um quadro com os tempos obtidos pelas diferentes substâncias.
5. Coloca uma pequena quantidade de água numa seringa. Faz força no êmbolo para que a água saia pelo orifício da seringa (atenção à força exercida).
6. Repete o ponto 5 para as outras substâncias, utilizando o mesmo volume.

Resultados

— Quadro de distâncias.

SUBSTÂNCIA	TEMPO
Água	
Mel	
Mostarda	
Pasta dos dentes	

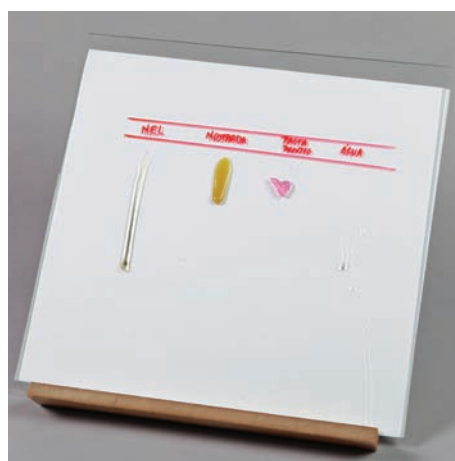
— Lista das substâncias por ordem crescente da força exercida por ti no êmbolo da seringa.

Tópicos de discussão

1. Qual é a substância mais fluida e qual é a mais viscosa?
2. Estabelece uma relação entre a viscosidade de uma substância e a força que é necessário exercer para a mesma se deslocar.
3. Quais te parecem ser os vulcões mais explosivos, os que expelem lava mais fluida ou mais viscosa? Justifica a tua afirmação com base nos resultados obtidos.
4. Quais são as lavas que percorrem maiores distâncias, as fluidas ou as mais viscosas?
5. Tenta relacionar o formato dos cones dos vulcões com o tipo de lava que expelem.

Conclusões

1. Como se comporta a lava fluida relativamente à viscosa?
2. Relaciona o tipo de erupção com a viscosidade da lava.



B Vamos simular uma erupção vulcânica

Material

Erupção 1

- Massa de moldar (castanha)
- Lata de refrigerante
- Dicromato de amónia
- Fita de magnésio
- Enxofre
- Cabeças de fósforo
- Cadinho

Erupção 2

- Massa de moldar (castanha)
- Cadinho
- Vinagre
- Bicarbonato de sódio
- Corante alimentar vermelho
- Proveta graduada
- Vareta de vidro

Perigo!

Esta atividade só deve ser realizada sob a orientação do professor.

Procedimento

Primeira fase

1. Coloca a lata no tabuleiro. Por cima coloca uma camada de 2 cm de massa de moldar. Coloca o cadinho em cima.
2. À volta da lata e do cadinho, molda um cone. Dá-lhe a forma de um cone vulcânico e deixa-o secar. Decora-o como se fosse um vulcão natural.
3. Constrói um segundo vulcão moldando um cone à volta do cadinho, utilizando apenas a massa de moldar, de modo que fique mais baixo e menos inclinado do que o primeiro.

Segunda fase

Erupção 1

1. Coloca o modelo do vulcão no centro de uma mesa.
2. Dentro do cadinho coloca camadas de dicromato de amónia, enxofre e cabeças de fósforos. Espeta uma porção de fita de magnésio no preparado (pavio).
3. O professor acende um fósforo e ateia a fita de magnésio.
4. Regista os resultados.

Erupção 2

1. Coloca o modelo do segundo vulcão no centro de uma mesa.
2. Enche o cadinho até $\frac{3}{4}$ da sua capacidade com bicarbonato de sódio.
3. Mede 100 mL de vinagre com a ajuda da proveta graduada e adiciona 15 gotas de corante alimentar.
- Mexe a mistura com uma vareta de vidro.
4. Adiciona o conteúdo da proveta ao bicarbonato de sódio.
5. Regista os resultados.

Resultados

- Modelos dos vulcões.
- Registo de resultados.

Tópicos de discussão

1. Num vulcão real, como se designa a estrutura representada pelo cadinho?
2. Compara o tipo de erupção que simulaste em 1 e em 2 tendo em conta:
 - a) os piroclastos expelidos;
 - b) a facilidade de libertação dos gases;
 - c) a viscosidade do magma que supostamente estaria na sua origem.

Conclusões

1. Classifica os tipos de erupção 1 e 2.
2. Conclui acerca das diferenças entre as simulações que realizaste e uma verdadeira erupção.



O vulcanismo secundário

Vulcanismo secundário — *secondary volcanism*

Géiser — *geyser*

Fumarola — *fumarole*

Fonte termal — *hot spring*

Nem todas as manifestações de vulcanismo são tão espetaculares nem tão violentas ou destrutivas como as explosões vulcânicas. Após uma erupção, pode haver libertação de água e gases a elevadas temperaturas, através de fissuras em zonas próximas de vulcões ativos, fenómeno que pode durar milhares de anos e que consiste no **vulcanismo secundário** ou atenuado.

TIPOS DE VULCANISMO SECUNDÁRIO

Fontes termais	Fumarolas	Géiseres
Libertação de água quente, vapor de água e dióxido de carbono. A água é rica em sais minerais, podendo ser usada para fins terapêuticos. Em Portugal, nos Açores, a temperatura das águas varia entre os 20 °C e os 80 °C.	Libertação de vapor de água e outros gases, podendo atingir os 900 °C. Chamam-se mofetas quando predomina o gás dióxido de carbono e sulfataras quando predominam os gases ricos em enxofre.	São jatos intermitentes e periódicos de água quente, podendo atingir 80 metros de altura e 100 °C de temperatura.
 Fonte termal da Caldeira Velha, ilha de São Miguel, Açores.	 Sulfatara.  Fumarola, ilha de São Miguel, Açores.	 Géiser.

ATIVIDADES

- 1 Como distingues o magma da lava?
- 2 A pedra-pomes é uma rocha vulcânica porosa. Apresenta uma explicação para as características exibidas por esta rocha.
- 3 Explica a origem da água quente que chega à superfície terrestre através das fontes termais, em regiões vulcânicas.

3.1 Qual é a origem dos sais minerais que estas águas têm, na maioria, dissolvidos?
- 4 Todas as ilhas do arquipélago dos Açores têm origem vulcânica. Apesar disso, as ilhas do Corvo e das Flores não apresentam fenómenos de vulcanismo secundário. Pesquisa a razão deste fenómeno.

■ Os benefícios da atividade vulcânica

A atividade vulcânica pode apresentar vantagens a diversos níveis, nomeadamente:

Geotermia — *geothermics*

- no **turismo**, proporcionando paisagens únicas [7] [8] [9];
- na **agricultura**, originando solos férteis, devido à acumulação de poeiras e cinzas vulcânicas ricas em elementos minerais [10];
- na **produção energética**, permitindo o aproveitamento do calor interno da Terra — **geotermia** — para produção de eletricidade e aquecimento [11] e [12];
- na **saúde**, através da utilização de cinzas vulcânicas e águas termais [13].



[7] Ilhéu de Vila Franca, piscina natural resultante de uma caldeira vulcânica, ilha de São Miguel, Açores.



[8] Furnas, ilha de São Miguel, Açores, preparação do cozido.



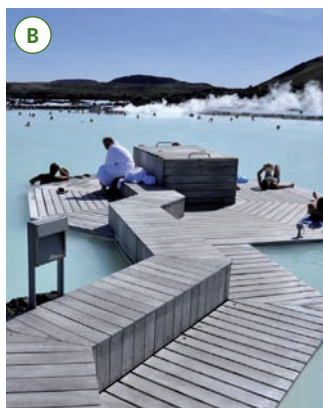
[9] Vale das Furnas, São Miguel, Açores.



[10] Campos agrícolas na ilha Terceira, Açores.



[11] Central geotérmica da Ribeira Grande, ilha de São Miguel, Açores.



[12] Utilização de energia geotérmica para o aquecimento de casas (Canadá) [A] e piscinas (Islândia) [B].



[13] Spa termal Termas da Ferraria, ilha de São Miguel, Açores — piscina natural de água quente rica em enxofre.

■ As consequências negativas da atividade vulcânica

A atividade vulcânica é, em simultâneo, fonte de benefícios mas também de destruição. Ela é responsável pela morte de seres vivos, pela destruição de cidades e povoamentos florestais e também por alterações do clima.

A História tem-nos ensinado a não subestimar as consequências das erupções vulcânicas, nomeadamente os milhares de mortes causadas pela extrema violência de algumas delas **14**.



14 Algumas das erupções mais destruidoras: a erupção do vulcão Etna (1669) provocou a morte de 20 000 pessoas [A]; devido à erupção do vulcão Cracatoa (1883) morreram 36 000 pessoas [B]; com a erupção do vulcão Monte Pelée (1902) morreram 30 000 pessoas [C]; a erupção do vulcão Nevado del Ruiz (1985) provocou a morte de cerca de 25 000 pessoas [D].

ATIVIDADES

- 1 De que formas é possível aproveitar os benefícios associados ao vulcanismo?
- 2 Por que razão tanto os Açores como a Islândia são ricos em manifestações de vulcanismo?
- 3 Todas as manifestações de vulcanismo originam vulcões? Justifica a tua resposta.
- 4 Pesquisa informações atualizadas sobre vulcões ativos, sismos, redes de monitorização e perigos geológicos ativos no *site* do Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos (<http://www.cvarg.azores.gov.pt/Cvarg>)

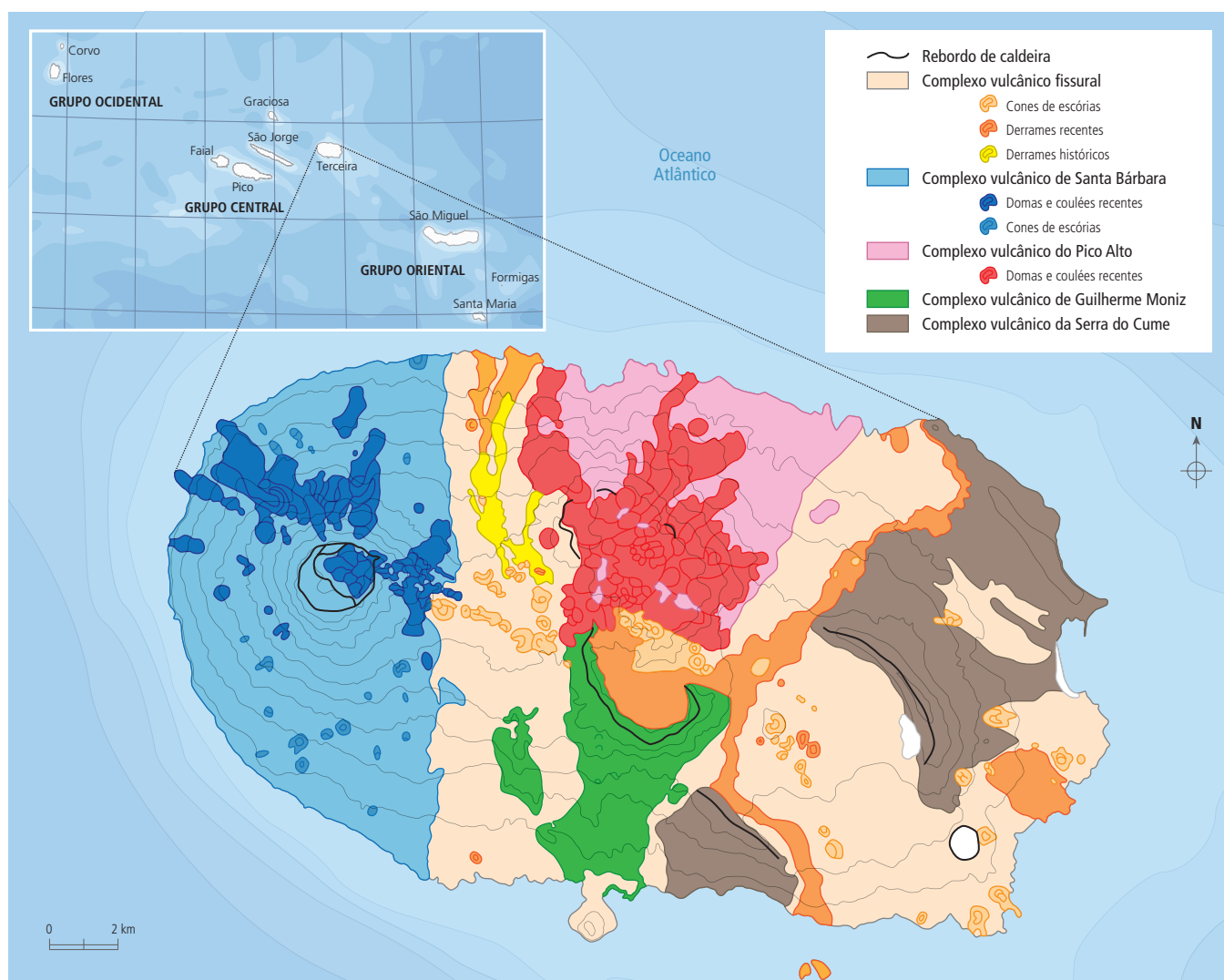
■ Previsão de erupções vulcânicas e medidas de prevenção

Apesar de não se poder evitar que um vulcão entre em atividade, é possível minimizar as consequências que daí resultam.

Os cientistas estimam que atualmente cerca de 500 milhões de pessoas se encontram em risco devido à atividade vulcânica. Torna-se assim fundamental conhecer o funcionamento dos vulcões para que se possam minimizar ao máximo os riscos que deles advêm. Isso é possível através da utilização de métodos de previsão. Como é que isto se faz?

Os vulcanólogos fazem o estudo do comportamento de um vulcão ao longo do tempo, para poderem calcular a probabilidade de ocorrer uma nova erupção e também para preverem quais as zonas mais vulneráveis na eventualidade de isso acontecer.

Isto torna possível a construção de **mapas de risco vulcânico**, que delimitam zonas vulneráveis às emissões de lava e piroclastos. Estes mapas são indispensáveis para traçar planos de evacuação e de salvamentos em caso de erupção vulcânica **15**.



15 Mapa de risco vulcânico da ilha da Terceira, nos Açores.

■ Importância da ciência e da tecnologia na previsão de erupções

No domínio da vulcanologia, a investigação científica e a tecnologia cada vez mais sofisticada têm permitido aumentar o rigor com que a previsão de uma erupção é feita, facto que se deve a uma monitorização minuciosa que envolve vários aspetos.

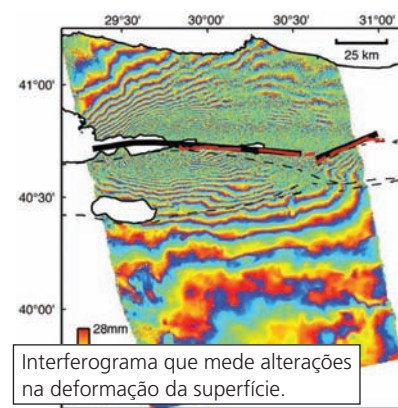
TECNOLOGIA UTILIZADA NA MONITORIZAÇÃO DOS VULCÕES



Instalação de sismógrafos para **registar a atividade sísmica**, que aumenta quase sempre antes de uma erupção devido à ascensão do magma e dos gases.



Instalação de inclinómetros, sistemas de posicionamento global-GPS e interferometria de radar-InSAR para **monitorizar a deformação da superfície**, pois a subida do magma origina alterações na topografia, que são um indício de uma erupção iminente.



Controlo das **alterações de temperatura das rochas e das águas** — o aumento da temperatura ocorre quando o magma se aproxima da superfície, o que acontece antes de uma erupção.



Análise da **variação da composição e do volume dos gases** — o aumento de alguns gases, particularmente do CO_2 e SO_2 , acontece normalmente antes de uma erupção.



Instalação de monitores acústicos de fluxo para **detetar lahares** (avalanches de lama formada por água e piroclastos durante e após uma erupção).

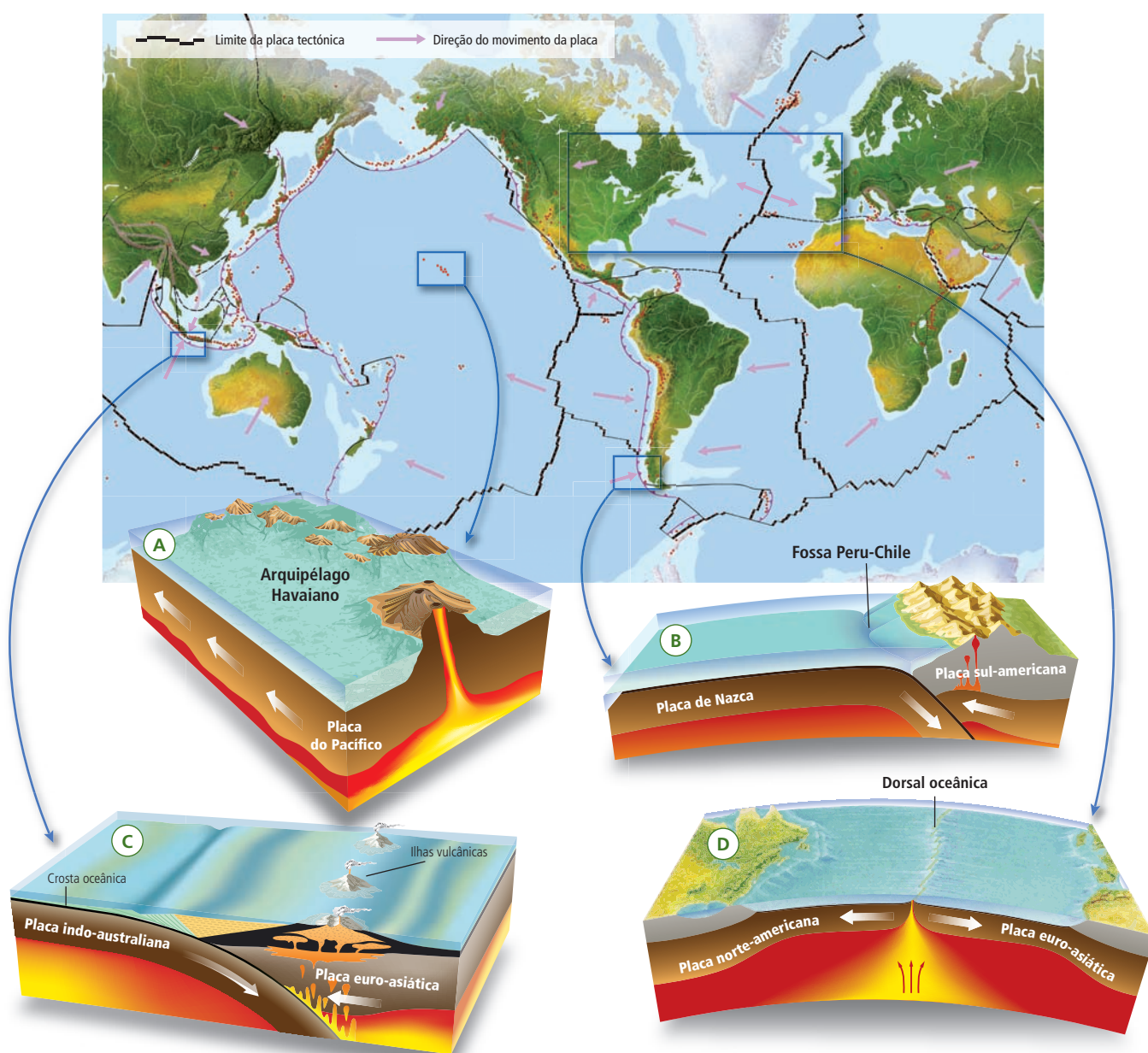


■ O vulcanismo como consequência da dinâmica interna da Terra

A maior parte do vulcanismo está associada à atividade tectônica, verificando-se assim uma localização preferencial dos vulcões ativos perto de limites tectônicos, nomeadamente:

- nos limites convergentes, onde ocorre destruição de crosta e o vulcanismo é explosivo, associado a magmas viscosos;
- nos limites divergentes, onde ocorre formação de crosta e o vulcanismo é efusivo, associado a magmas fluidos.

Existem, no entanto, vulcões que não estão relacionados com os limites tectônicos, ocorrendo no interior de placas. Este vulcanismo é originado por colunas de magma que sobem desde o manto até à superfície, sendo raramente explosivo **16**.



16 Vulcanismo não associado a limites tectônicos [A]; vulcanismo associado a limites tectônicos convergentes com destruição de crosta [B e C]; vulcanismo associado a limites tectônicos divergentes [D].

Vulcanismo

A maioria dos vulcões encontra-se associada aos limites das placas tectônicas.

A **Vulcanologia** é a ciência que estuda os vulcões.

O vulcanismo pode ser:

- **primário** — erupções vulcânicas;
- **secundário** — fumarolas, géiseres e nascentes termais.



Os vulcões apresentam uma estrutura constituída por:

- **câmara magmática**, localizada entre 4-10 km de profundidade, onde existe acumulação de magma;
- **chaminé vulcânica**, que serve de comunicação até ao exterior;
- **cratera**, abertura por onde são expelidos os materiais;
- **cone vulcânico**, formado pelos materiais expelidos que se depositam e acumulam à volta da cratera.

Durante uma erupção são libertados **lava**, **piroclastos** e **gases**.

As erupções vulcânicas podem ser:

- **explosivas** — quando o magma é viscoso e rico em gases;
- **efusivas** — quando o magma é fluido e pobre em gases.



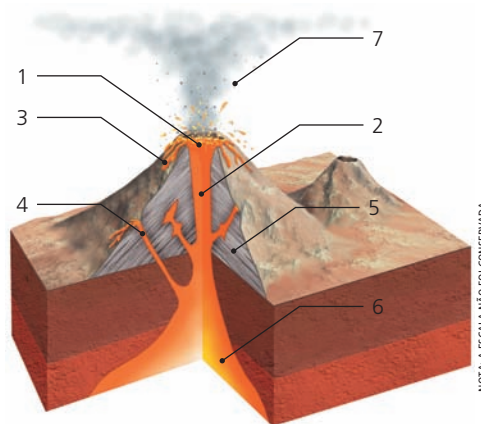
AVALIA CONHECIMENTOS

- 1** A imagem representa uma estrutura tua conhecida. Propõe uma legenda para a mesma.

1.1 Faz a legenda dos constituintes da estrutura, assinalados com os algarismos de 1 a 7.

1.2 No teu caderno, faz corresponder a cada afirmação um algarismo da figura.

- A — Canal que liga a câmara magmática à superfície.
 B — Reservatório localizado nas zonas profundas da crosta ou na parte superior do manto.
 C — Abertura em forma de funil, à superfície, por onde saem os materiais vulcânicos.
 D — Canal lateral, que origina um cone secundário localizado lateralmente ao cone principal.
 E — Estrutura cônica resultante da acumulação dos materiais libertados.



NOTA: A ESCALA NÃO FOI CONSERVADA.

1.3 Quais são os produtos que podem ser libertados pelos vulcões?

- 2** Estabelece a correspondência entre as duas colunas.

COLUNA I:

- A — Erupção efusiva
 B — Erupção explosiva
 C — Nuvem ardente

COLUNA II:

- I. Caracteriza-se pela libertação de piroclastos e lava viscosa, que pode solidificar na chaminé, originando agulhas vulcânicas.
 II. Podem formar-se rios de lava que percorrem longas distâncias.
 III. Grande quantidade de piroclastos incandescentes e gases que se podem deslocar a grande velocidade.
 IV. É originada por magmas fluidos, pobres em gases, com grande escorrência.
 V. Pode libertar materiais para a superfície, com grande escorrência.

- 3** As imagens seguintes apresentam algumas manifestações de vulcanismo. De que tipo de vulcanismo se trata?

3.1 Constrói uma legenda para cada uma das imagens.

3.2 Faz corresponder a cada afirmação uma imagem.

- I. Águas que aquecem em profundidade e que originam fontes de águas ricas em minerais, podendo formar lagoas.
 II. Jatos intermitentes e periódicos de água e vapor de água.
 III. Libertação de vapor de água e outros gases.

3.3 Selecciona as afirmações que referem o que há em comum nestas manifestações:

- A — O contacto entre a água e a rocha aquecida por uma fonte de calor de origem magmática.
 B — A libertação de lavas muito fluidas.
 C — A emissão de cinzas e outros piroclastos incandescentes.
 D — A libertação de líquidos e gases a elevadas temperaturas, através de fissuras em zonas próximas de vulcões ativos.
 E — Ocorrerem sempre antes de uma erupção vulcânica.

3.4 Em que região de Portugal ocorre este tipo de fenómenos?

3.5 Quais são os benefícios deste tipo de vulcanismo para as populações?



Rochas magmáticas e rochas metamórficas

Rocha magmática — *igneous rock*

Rocha vulcânica — *vulcanic rock*

Rocha plutónica — *plutonic rock*

7.1

As rochas magmáticas

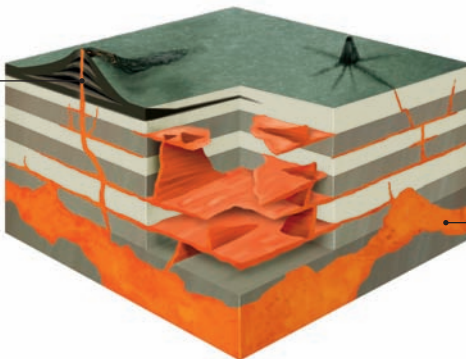
O magma é uma mistura viscosa, a altas temperaturas, onde se encontram dissolvidos gases e água e alguns cristais solidificados. Quando o magma ascende à superfície, contacta com temperaturas cada vez mais baixas e acaba por solidificar, originando as **rochas magmáticas**, que podem ser classificadas como **rochas vulcânicas** (ou extrusivas) ou **rochas plutónicas** (ou intrusivas) **1**.

Estas rochas distinguem-se pelas suas cores — determinadas pelo tipo de minerais que as constituem — e pelas texturas — determinadas pela profundidade a que o magma solidificou.

No caso das rochas vulcânicas, a rápida solidificação à superfície não permite o desenvolvimento de cristais visíveis a olho nu, desenvolvendo-se uma textura agranular, ou seja, apenas ao microscópio é possível identificar os cristais **2A**. Nos casos em que a solidificação é repentina (devido ao arrefecimento brusco), formam-se os vidros vulcânicos, com textura vítrea, ou seja, sem cristais formados.

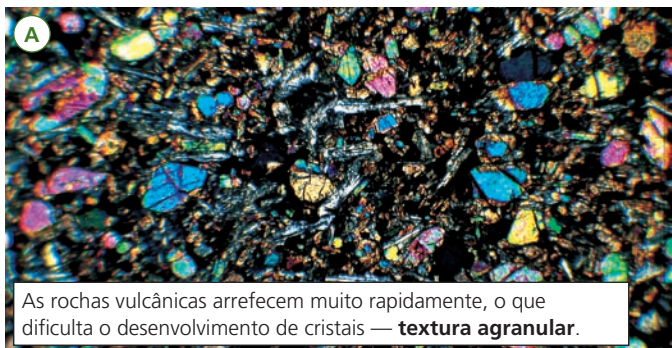
Quando o magma solidifica em profundidade, gerando as rochas plutónicas, o arrefecimento é mais lento, havendo tempo para o desenvolvimento de cristais maiores, que se tornam visíveis a olho nu — textura granular **2B**.

Se o magma encontra um canal para o exterior, a lava solidifica perto da superfície ou no exterior, originando as **rochas vulcânicas** ou **extrusivas**.



Quando a ascensão do magma é muito lenta, o arrefecimento e a solidificação ocorrem em profundidade, formando-se as **rochas plutónicas** ou **intrusivas**.

1 Formação das rochas magmáticas vulcânicas e das rochas magmáticas plutónicas.



As rochas vulcânicas arrefecem muito rapidamente, o que dificulta o desenvolvimento de cristais — **textura agranular**.



As rochas plutónicas solidificam muito lentamente, o que permite o desenvolvimento de cristais — possuem **textura granular**.

2 Microfotografias de rochas magmáticas (ampliação 10x).

São vários os exemplos de rochas plutónicas, mas a mais comum é o **granito**, enquanto a rocha vulcânica mais comum é o **basalto** 3.

Granito — *granite*
Basalto — *basalt*

A



Granito.

B



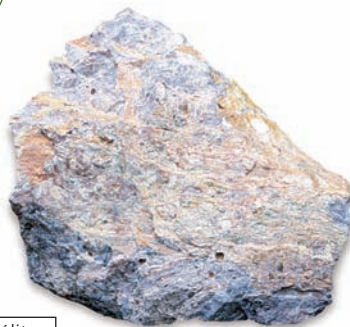
Gabro.

C



Basalto.

D



Riólito.

3 Rochas plutónicas [A e B] e rochas vulcânicas [C e D].

ATIVIDADES

1 Observa as imagens de rochas magmáticas e responde às questões.

A



B



C



1.1 Identifica a(s) rocha(s) com textura:

- a) granular;
- b) agranular.

1.2 Identifica uma rocha que, provavelmente, tenha solidificado:

- a) em profundidade;
- b) à superfície.

1.3 Classifica como rocha plutónica ou vulcânica as amostras A, B e C, referindo o critério que te permitiu fazer essa identificação.

2

Justifica o termo «rocha extrusiva» atribuído às rochas vulcânicas.



TRABALHO PRÁTICO

Quais são as principais diferenças entre as rochas magmáticas?

Material

- Granito (A)
- Basalto (B)
- Gabro (C)
- Riólito (D)
- Lupa de mão



Procedimento

1. Observa, atentamente, as amostras que tens no tabuleiro (podes usar a lupa para veres em pormenor).
Analisa:
 - a) a cor;
 - b) a textura;
 - c) o tamanho dos cristais;
 - d) os minerais presentes.
2. Regista as tuas observações.

Resultados

Copia o quadro para o teu caderno e efetua os teus registos.

AMOSTRAS	A	B	C	D
Cor				
Textura				
Tamanho relativo dos cristais				
Minerais identificados				
Tipo de rocha				
Identificação				

Tópicos de discussão

1. Com base na análise efetuada, que amostras terão solidificado a maior profundidade?
Justifica a tua resposta.
2. Com base na análise efetuada, que amostras terão solidificado a menor profundidade?
Justifica a tua resposta.
3. Considerando que a cor reflete a composição mineralógica das rochas, agrupa as rochas analisadas com base nessa característica.
4. Reconheces estas rochas em objetos do dia a dia?
 - 4.1 Realiza uma pesquisa para descobrires outras utilizações destas rochas.

Conclusão

Responde à questão que serve de título à atividade.

7.2

Metamorfismo e rochas metamórficas

As **rochas metamórficas** são rochas formadas predominantemente no interior da litosfera terrestre, a profundidades que podem atingir as dezenas de quilómetros, num processo designado por **metamorfismo**.

O metamorfismo é o conjunto de modificações que podem ocorrer em qualquer tipo de rocha devido a valores de temperatura e pressão elevados. As alterações podem ocorrer na textura da rocha e/ou na sua composição mineralógica, podendo haver formação de minerais novos. Todas as alterações provocadas pelo metamorfismo ocorrem no estado sólido, não havendo alteração do estado físico das rochas preexistentes.

Rocha metamórfica — *metamorphic rock*

Metamorfismo — *metamorphism*

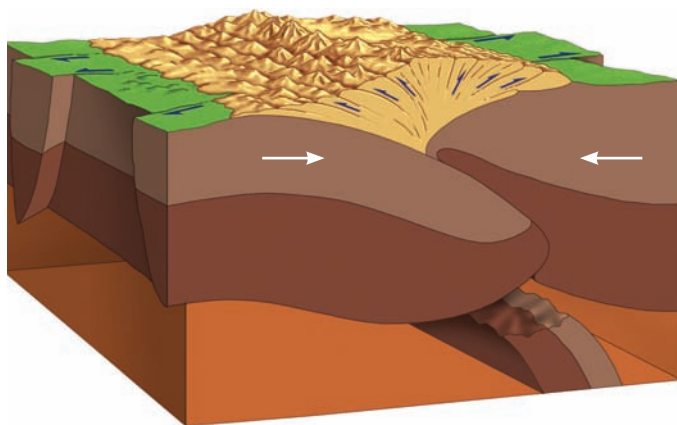
Foliação — *foliation*

Tipos de metamorfismo

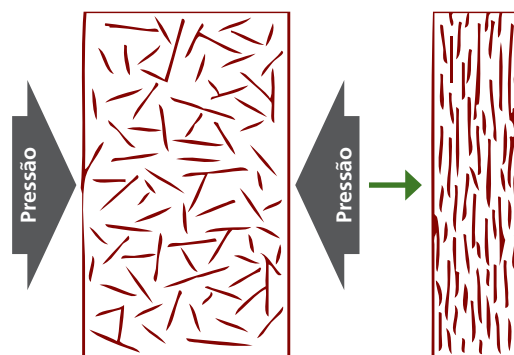
Metamorfismo regional

O metamorfismo que ocorre em locais associados às cadeias montanhosas e às zonas de subducção [4], onde há convergência entre placas tectónicas, é designado por **metamorfismo regional**. Nestes locais bastante extensos, com o aumento da profundidade, as rochas são sujeitas a aquecimento e a aumento de pressão.

À medida que as rochas (sedimentares, magmáticas ou metamórficas) se afundam, a pressão aumenta, provocando a diminuição do seu volume e o aparecimento de **foliação** (do latim «*folium*», que significa «folha») ou xistosidade — textura caracterizada por lâminas mais ou menos finas, por vezes, bem visíveis [5].



[4] As rochas subjacentes às grandes cadeias montanhosas são os locais mais favoráveis ao metamorfismo que ocorre por aumento de pressão.

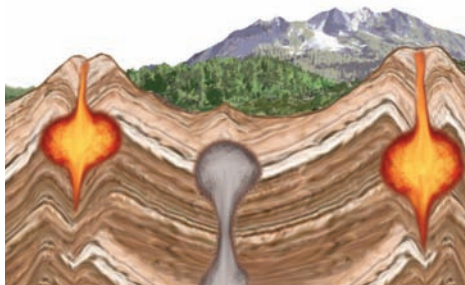


[5] A foliação, característica de algumas rochas metamórficas, ocorre devido à pressão a que as rochas originais foram sujeitas, ficando os minerais alinhados.

ATIVIDADES

- 1 Comenta a afirmação seguinte.
Todos os tipos de rochas se podem transformar uns nos outros.
- 2 Refere quais são os principais fatores de metamorfismo.
- 3 Por que razão se considera que todas as alterações que levam ao metamorfismo ocorrem no estado sólido?

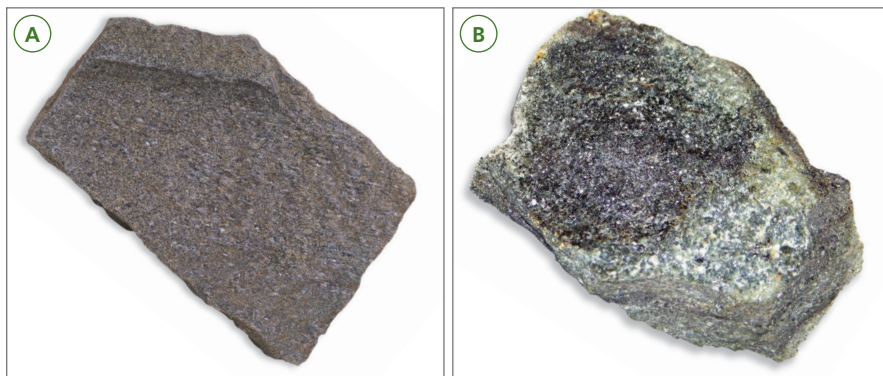
Gnaiss — *gnaiss*
Xisto — *schist*
Mármore — *marble*



6 O calor emitido pelo magma vai metamorfizar as rochas que se encontram a envolver a câmara magmática.

Metamorfismo de contacto

O metamorfismo que ocorre de modo localizado, nas rochas junto a intrusões magmáticas, é designado por **metamorfismo de contacto**. As alterações que ocorrem nessas rochas encaixantes, junto à intrusão magmática, são provocadas pelo aumento de temperatura no local **6**. Neste caso, não há compressão das rochas e os cristais crescem sem orientação particular, ou seja, sem foliação **7**.



7 A corneana [A] e os anfibolitos [B] resultam do metamorfismo por ação da temperatura.

Tipos de rochas metamórficas

O **gnaiss** é uma rocha metamórfica resultante de pressões e temperaturas muito elevadas, responsáveis por originar uma foliação característica com bandas alternadas **8A**.

O **xisto** é outro exemplo de rocha metamórfica que apresenta foliação. Pode formar-se a partir do argilito (rocha sedimentar) **8B**.

O **mármore** é uma rocha metamórfica proveniente do calcário (rocha sedimentar). É uma rocha constituída por calcite, que apresenta cristais de grandes dimensões. Pode ter origem por ação do aumento da temperatura e/ou do aumento da pressão **9A**.

O **quartzito** é uma rocha metamórfica originada a partir do arenito (rocha sedimentar). Geralmente, não tem foliação e também pode resultar do aumento da pressão e/ou do aumento da temperatura. Esta rocha apresenta grandes cristais de quartzo **9B**.



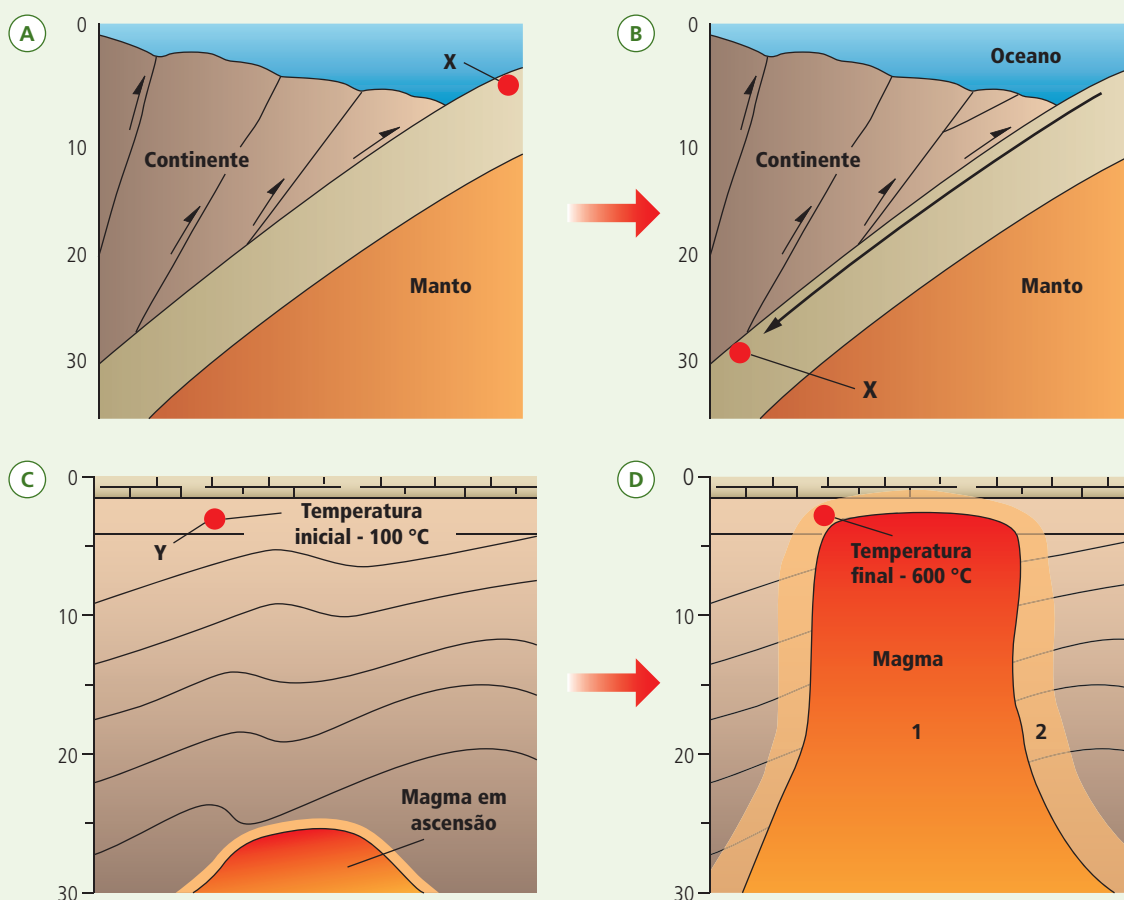
8 O gnaiss [A] e o xisto [B] apresentam foliação.



- 9 O mármore [A] e o quartzito [B] apresentam, respectivamente, grandes cristais de calcite e quartzo, resultantes da ação da temperatura.

ATIVIDADES

- 1 Observe as duas sequências de imagens e responda às questões seguintes.



- 1.1 O que ocorreu ao material X entre A e B?
- 1.2 Completa a afirmação seguinte, escolhendo os termos corretos.
À medida que ocorre ____ (ascensão/subducção), o material que se encontra no ponto X vai sofrendo ____ (aumento/diminuição) de pressão, ocorrendo transformação da rocha preexistente em rocha ____ (magmática/metamórfica).
- 1.3 Como varia a temperatura do material do ponto Y à medida que o magma sofre ascensão?
- 1.4 Indica o(s) tipo(s) de rocha(s) em formação nos locais 1 e 2 da imagem D.

- 2 Qual é a relação entre os fatores de metamorfismo e a textura das rochas metamórficas?



TRABALHO LABORATORIAL

Qual é a importância do estudo das rochas metamórficas para o conhecimento do passado da Terra?

Material

- Amostra de mármore
- Amostra de xisto
- Amostra de quartzito
- Amostra de gnaiss
- Ácido clorídrico diluído
- Lupa de mão ou lupa binocular



Procedimento

1. Observa as amostras com e sem o auxílio da lupa.
2. Observa a cor das amostras das rochas e regista-a.
3. Determina o cheiro de cada amostra após ser bafejada e regista-o.
4. Verifica se as rochas apresentam ou não foliação e regista.
5. Com a supervisão do(a) professor(a), coloca uma gota de ácido clorídrico diluído em cada amostra e verifica se faz efervescência. Regista.

Resultados

No teu caderno, constrói um quadro para registares os resultados.

ROCHA	COR	EXISTÊNCIA DE FOLIAÇÃO	CHEIRO	REAÇÃO AO ÁCIDO
Mármore				
Xisto				
Quartzito				
Gnaiss				

Tópicos de discussão

1. Refere as diferenças entre as amostras relativamente à foliação.
 - 1.1 O que estará na origem das diferenças encontradas?
2. Relaciona o cheiro do xisto quando bafejado com a sua origem.
3. Relaciona a reação do mármore ao ácido com a sua origem.
4. O que podes deduzir acerca da composição mineralógica do mármore? Justifica a tua resposta.
5. Tendo em conta a textura das amostras das rochas, infere sobre o tipo de metamorfismo que lhes deu origem.

Conclusão

Responde à questão inicial desta atividade.

SABIAS QUE...

... os mármore de Estremoz são explorados principalmente no concelho de Vila Viçosa?

... o templo romano de Évora foi construído utilizando o mármore alentejano?

... o registo mais antigo de utilização destes mármore remonta ao ano de 370 a. C.?

Rochas magmáticas e rochas metamórficas

As **rochas magmáticas** resultam da solidificação do magma e podem ser de dois tipos:

- **vulcânicas ou extrusivas**, quando solidificam na superfície terrestre, caracterizando-se por apresentar textura agranular;
- **plutônicas ou intrusivas**, se solidificam no interior da crosta, caracterizando-se por apresentar textura granular.

As **rochas metamórficas** formam-se no interior da litosfera através do metamorfismo. O **metamorfismo** é o conjunto de alterações que ocorrem no estado sólido, em qualquer tipo de rocha, devido a valores elevados de pressão e temperatura.

Existem dois tipos de metamorfismo:

- **metamorfismo de contacto**, que resulta essencialmente de temperaturas elevadas e que leva à formação de rochas não foliadas;
- **metamorfismo regional**, resultante da atuação de pressão e temperaturas elevadas e que gera rochas com **foliação**.



AVALIA CONHECIMENTOS

- 1** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
Todas as rochas magmáticas têm em comum o facto de...
- A — ... se originarem a partir de vulcões.
 - B — ... se originarem a partir da solidificação do magma.
 - C — ... solidificarem a grandes profundidades.
 - D — ... solidificarem em profundidade, mas perto da superfície.
- 2** As afirmações que se seguem são relativas ao magma.
Classifica-as como verdadeiras (V) ou falsas (F).
- A — É sólido.
 - B — Está a altas temperaturas.
 - C — Possui maior ou menor quantidade de gases dissolvidos.
 - D — Da sua solidificação resultam rochas sedimentares.
 - E — Encontra-se no interior da Terra.
- 3** Estabelece a relação entre as duas colunas.
- | Coluna I | Coluna II |
|-------------|---|
| A — Basalto | I. Rocha plutónica. |
| B — Granito | II. Rocha escura. |
| | III. Rocha que apresenta textura granular. |
| | IV. Rocha vulcânica. |
| | V. Rocha que resulta da solidificação do magma. |
| | VI. A maior parte dos minerais só é visível ao microscópio. |
- 4** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
Se considerarmos duas rochas magmáticas (A e B), uma clara e outra escura, ambas com textura granular, podemos afirmar que as duas rochas são...
- A — ... constituídas pelos mesmos minerais e solidificaram em profundidade.
 - B — ... constituídas pelos mesmos minerais, mas uma solidificou em profundidade e a outra, à superfície.
 - C — ... constituídas por minerais diferentes, mas solidificaram ambas em profundidade.
 - D — ... constituídas por minerais diferentes e uma solidificou em profundidade e a outra, à superfície.
- 5** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
O riólito é uma rocha clara com textura agranular; logo, tem composição química semelhante ao [...] e a mesma textura que o [...].
- A — granito [...] basalto
 - B — basalto [...] granito
 - C — granito [...] granito
 - D — basalto [...] basalto
- 6** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.
O gabro é uma rocha escura em que é possível observar, à vista desarmada, os seus cristais, pelo que podemos afirmar que o gabro é uma rocha [...] e que o arrefecimento que levou à sua formação foi [...].
- A — plutónica [...] rápido
 - B — vulcânica [...] lento
 - C — vulcânica [...] rápido
 - D — plutónica [...] lento

7 Observa, com atenção, as rochas A e B.

7.1 Refere, por palavras tuas, o que entendes por metamorfismo.

7.2 Identifica a textura apresentada e relaciona-a com o fator de metamorfismo que lhe dá origem.

7.3 Indica um local do planeta Terra propício ao aparecimento de rochas com essa textura.

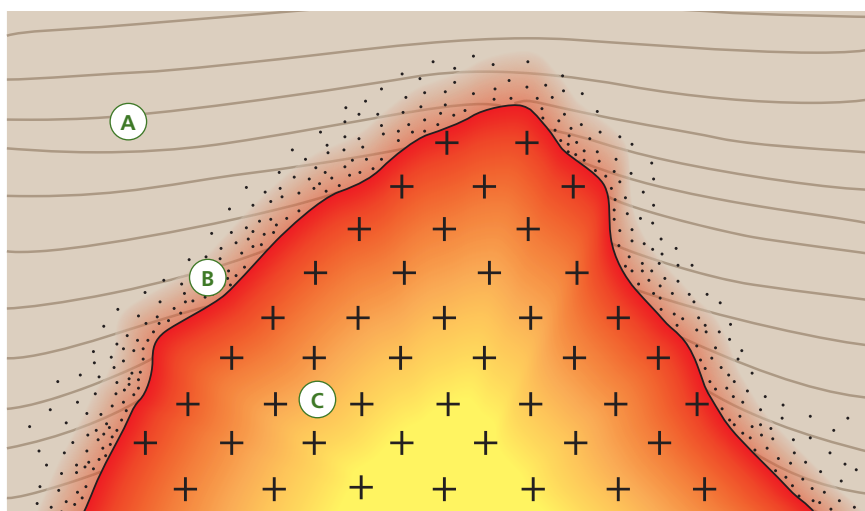
A



B



8 A figura seguinte representa três rochas diferentes, sendo que C resultou da solidificação direta do magma.



8.1 Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.

A rocha B formou-se por transformação da rocha [...] e por ação, essencialmente, do(a) [...].

A — A [...] calor

B — A [...] pressão

C — C [...] calor

D — C [...] pressão

8.2 Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.

A rocha B não apresenta foliação porque é uma rocha de metamorfismo [...] e na sua génese a pressão [...].

A — de contacto [...] foi significativa

B — de contacto [...] não foi significativa

C — regional [...] foi significativa

D — regional [...] não foi significativa

8.3 Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.

A rocha B pode ser [...] se a rocha A for [...].

A — mármore [...] arenito

B — gnaiss [...] calcário

C — mármore [...] calcário

D — gnaiss [...] arenito

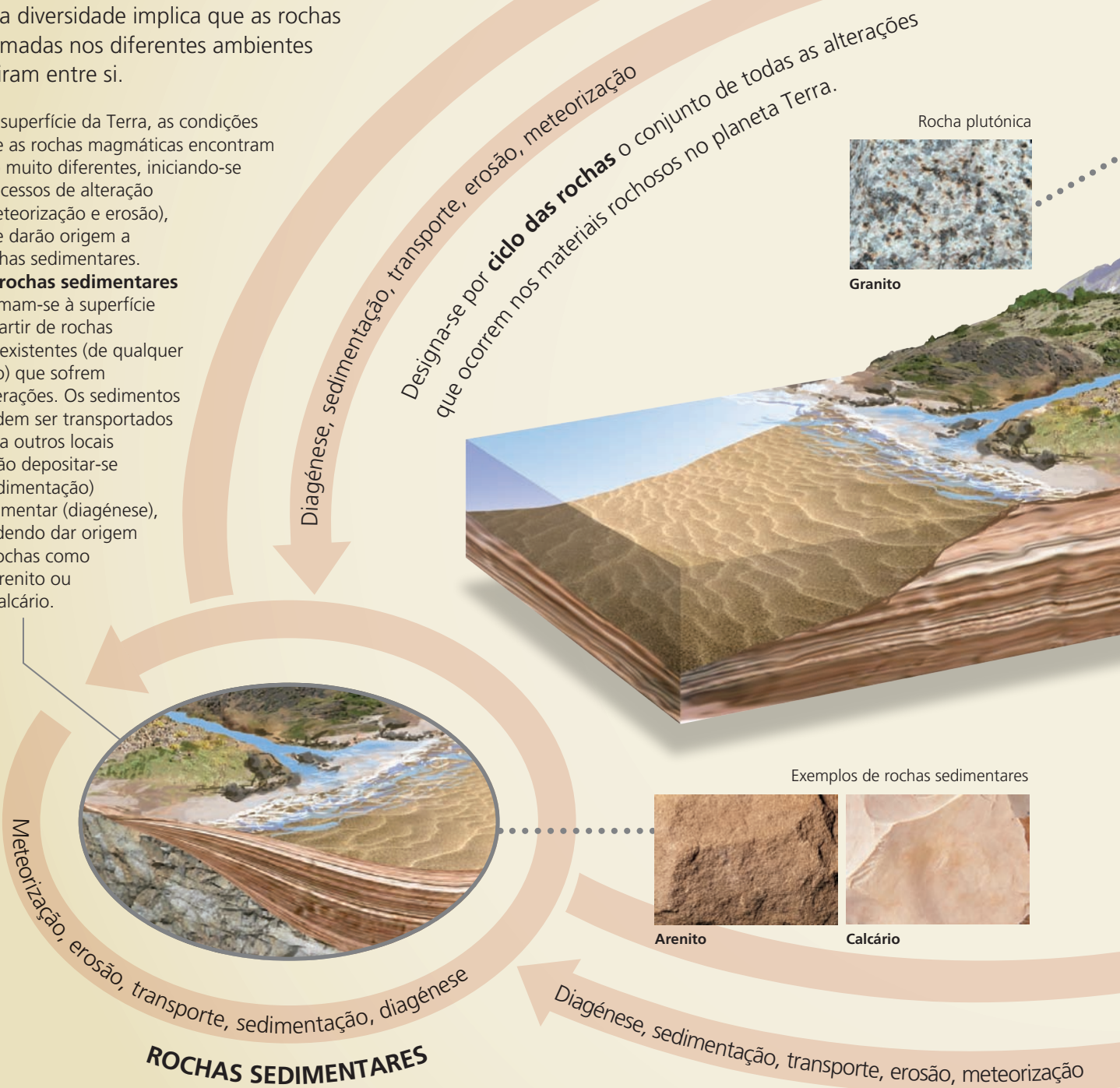
Ciclo das rochas e formações litológicas

8.1 Ciclo das rochas

As condições que existem à superfície e no interior da Terra são muito diversas. Esta diversidade implica que as rochas formadas nos diferentes ambientes difiram entre si.

Na superfície da Terra, as condições que as rochas magmáticas encontram são muito diferentes, iniciando-se processos de alteração (meteorização e erosão), que darão origem a rochas sedimentares.

As **rochas sedimentares** formam-se à superfície a partir de rochas preexistentes (de qualquer tipo) que sofrem alterações. Os sedimentos podem ser transportados para outros locais e vão depositar-se (sedimentação) e cimentar (diagénese), podendo dar origem a rochas como o arenito ou o calcário.





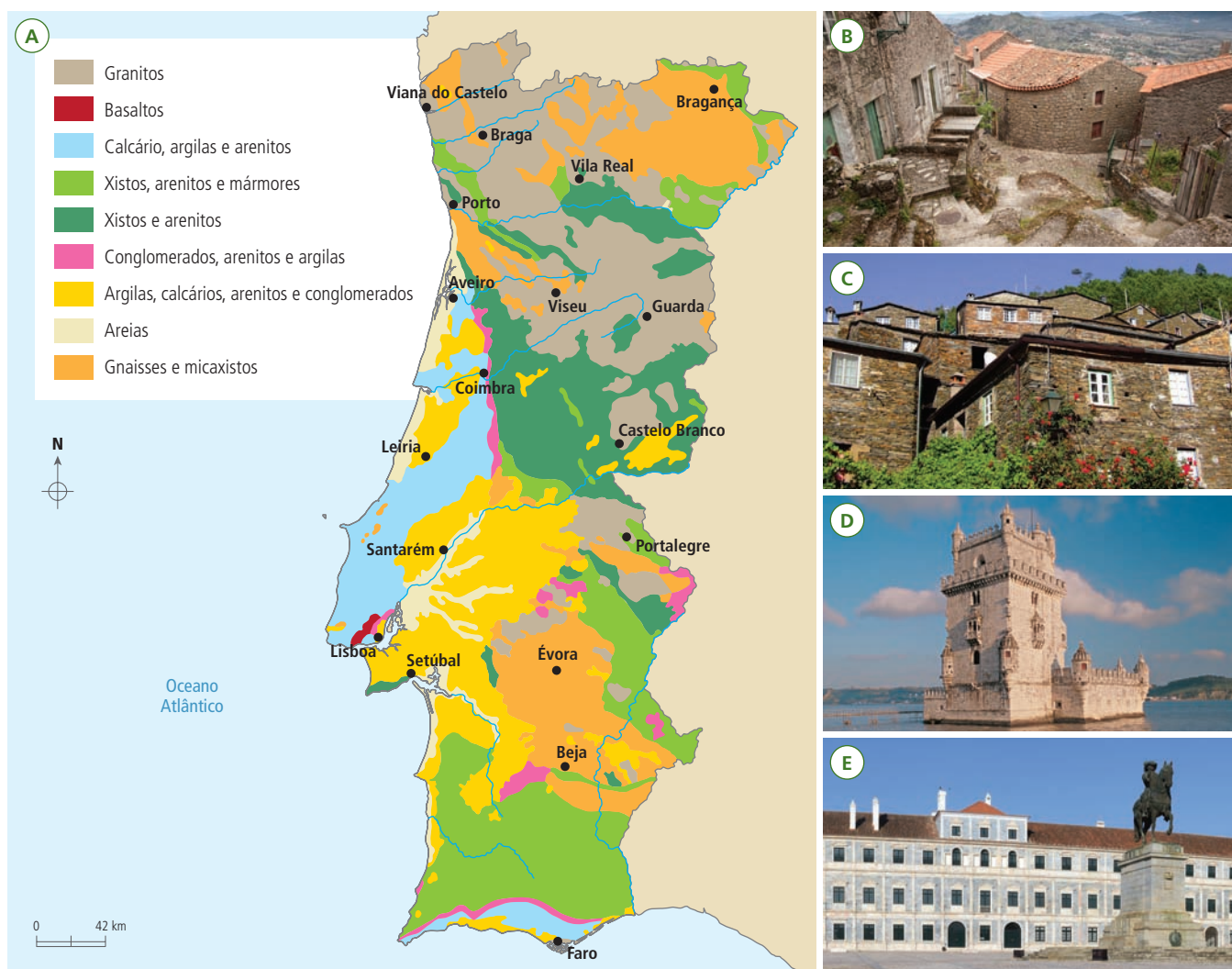
8.2 Formações litológicas em Portugal

Em Portugal existe uma grande diversidade de rochas, que se encontram distribuídas de forma heterogénea **1**.

As rochas magmáticas fazem-se representar essencialmente pelo granito, rocha abundante no norte de Portugal continental, e pelo basalto, que, não sendo muito frequente no continente, é bastante comum nos arquipélagos da Madeira e dos Açores, o que está relacionado com a origem vulcânica das ilhas.

As rochas metamórficas aparecem representadas, entre outras, pelo xisto, abundante na Beira Baixa, pelos gnaisses e micaxistos, que podem ser encontrados na região de Bragança e no Alentejo, e pelo mármore, sendo Vila Viçosa conhecida pela excelência do seu mármore.

A presença de rochas sedimentares também se faz notar de forma significativa em Portugal. Areias, arenitos, argilas e conglomerados são abundantes, assim como o calcário, dando-se destaque ao maciço estremenho situado na região litoral a norte de Lisboa.



1 Distribuição das rochas em Portugal [A]. As rochas de cada região são usadas nas suas construções. Casas em granito no norte de Portugal [B]; casas em xisto na aldeia do Piódão [C]; a Torre de Belém em Lisboa é de calcário [D]; a fachada principal do Palácio de Vila Viçosa é revestida a mármore [E].

■ Aplicações das rochas na sociedade

As rochas e os minerais têm sido ao longo dos tempos matéria-prima para muitas atividades humanas. Desde material de construção, passando pela indústria do vidro, até matéria-prima para esculturas, as rochas têm inúmeras aplicações [2] a [13].



2 A brecha foi bastante utilizada como material para peças decorativas.



3 A argila serve de matéria-prima para produção de cerâmica.



4 Na Capadócia, Turquia, as chaminés de fadas foram e ainda são usadas como habitações.

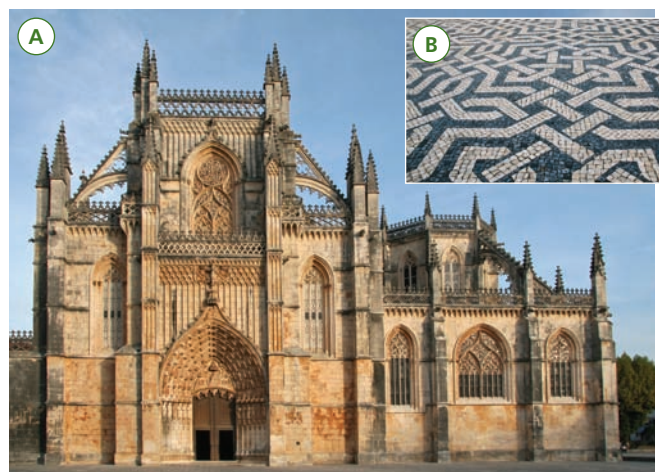


5 O vidro é criado a partir de areia que é fundida a temperaturas muito elevadas.



Mina de sal-gema, Loulé.

6 O sal, utilizado na alimentação humana e em outras aplicações, resulta da evaporação da água e da deposição de sais.



7 O calcário é bastante utilizado como matéria-prima na construção, pavimentação e decoração. Mosteiro da Batalha [A]. Calçada portuguesa [B].



8 O mármore foi a matéria-prima utilizada por Miguel Ângelo para fazer a sua obra-prima, *David*.



9 O carvão é utilizado como fonte energética, por exemplo, em centrais termoelétricas.



10 A pedra-pomes é, há muito tempo, utilizada na cosmética.



11 O basalto foi bastante utilizado na construção e na pavimentação.



12 O granito foi, e ainda é, utilizado como material de construção.



13 O xisto é usado em algumas regiões de Portugal na construção de habitações.

ATIVIDADE

- 1** As rochas são utilizadas nas construções, e a região onde vives não é exceção. Realiza uma reportagem fotográfica das aplicações das rochas nas construções da zona onde habitas, identificando, em cada construção, as rochas utilizadas. Elabora um póster e apresenta-o à comunidade escolar.

■ A exploração sustentável das rochas

As rochas, utilizadas desde sempre pelos seres humanos nas mais diversas aplicações, são retiradas da Natureza. O processo da sua formação é lento, pelo que a sua utilização desmesurada pode pôr em risco a quantidade de rochas disponível para a satisfação das necessidades das gerações futuras.

A extração das rochas ocorre normalmente em pedreiras, estando frequentemente associada a impactos ambientais negativos **14** a **16**.

A opção por rochas nacionais em detrimento da escolha de materiais importados contribui, por um lado, para beneficiar a economia do País; por outro lado, evita os impactos ambientais relacionados com o transporte de mercadorias, nomeadamente o consumo de recursos energéticos e a emissão de poluentes a eles associados, razões pelas quais se justifica a valorização do nosso património litológico.



14 Pedreira de Estremoz, de onde se retira o mármore rosa.



15 Pedreira abandonada e aterrada no concelho de Lisboa.



16 Pedreira em pleno parque natural da serra da Arrábida, onde a descontinuidade na paisagem eleva o impacto visual.

De forma a minimizar o impacto ambiental, as pedreiras devem cumprir normas rígidas específicas. Além disso, a abertura e a exploração das pedreiras devem ter em conta: a rentabilidade socioeconómica, na medida em que as pedreiras contribuem para a economia do País e garantem emprego local; a segurança dos trabalhadores e da população; e o aproveitamento sustentável da rocha, o que poderá ser garantido recorrendo à utilização da melhor tecnologia disponível.

Quando a exploração de uma pedreira deixa de ser economicamente rentável e após o encerramento da mesma, o local deve ser reabilitado, procurando-se, tanto quanto possível, devolver à região as características naturais que apresentava antes da instalação da pedreira.

PEDREIRAS	
Aspetos positivos	Aspetos negativos
• Permitem a extração de recursos para utilização humana. • Contribuem para a economia nacional. • Contribuem para a economia regional. • Geram emprego local.	• Degradam a paisagem. • Destroem a vegetação. • Aumentam a erosão dos solos. • Contaminam os solos e as águas subterrâneas. • Produzem resíduos que se acumulam. • Produzem poeiras e gases. • Aumentam o ruído e as vibrações.

A extração dos recursos litológicos está associada a impactos ambientais que envolvem a produção de poluentes. No entanto, as rochas também sofrem as consequências da poluição. Algumas rochas usadas frequentemente em construções, como o calcário e o mármore, são muito sensíveis à exposição a chuvas ácidas, manifestando-se a degradação dos edifícios **17**.

Se as rochas foram usadas desde sempre pelo Homem, cabe à nossa geração assegurar que a sua utilização no presente não comprometa a sua disponibilidade nem a qualidade ambiental que reservamos para as gerações vindouras.



17 O Mosteiro da Batalha, construído em calcário, manifesta já efeitos da degradação desta rocha quando sujeita à ação das chuvas ácidas.

Ciclo das rochas e formações litológicas

O **ciclo das rochas** é o conjunto de todas as alterações que ocorrem nos materiais rochosos na Terra.

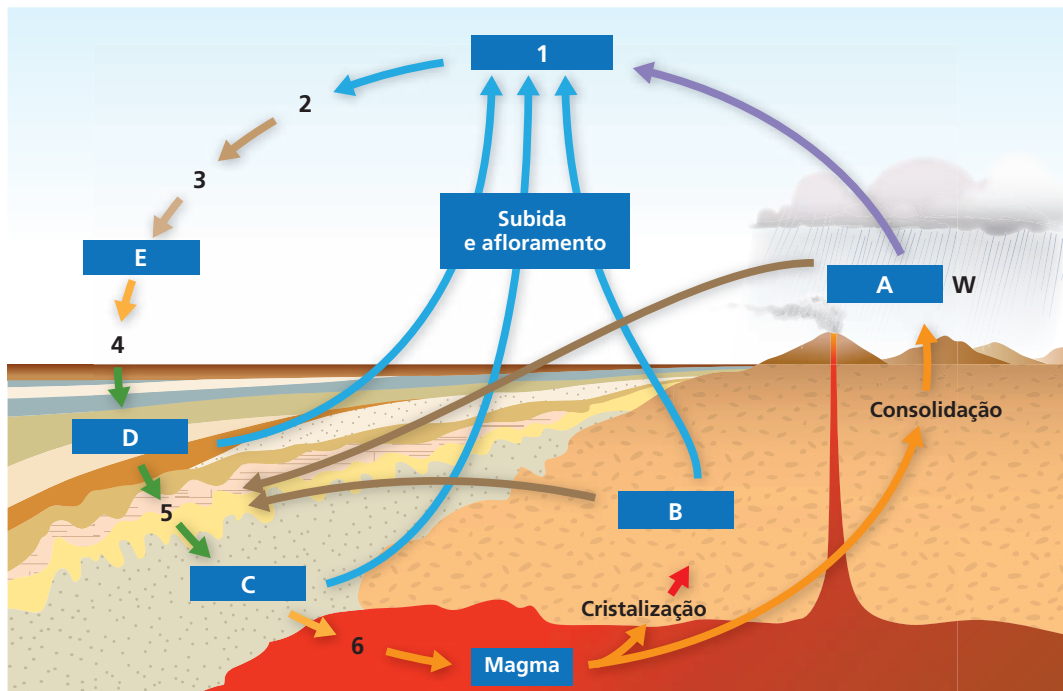
Este ciclo permite que as rochas se transformem umas nas outras, devido a diferentes fenómenos:

- As rochas magmáticas resultam do arrefecimento do magma à superfície, devido a processos vulcânicos, ou no interior da crosta.
- Uma vez expostas à superfície, todas as rochas sofrem meteorização, originando sedimentos. Estes, depois de transportados, depositam-se, e, após sofrerem a diagénese, dão origem às **rochas sedimentares**.
- Quando são sujeitas a aumento de temperatura e/ou de pressão, as rochas dão origem às **rochas metamórficas**.
- Com o contínuo aumento de temperatura, as rochas fundem, originando o **magma**, que pode voltar a formar novamente rochas magmáticas.
- Em Portugal existe uma grande diversidade de rochas, estando presentes em diversos locais rochas sedimentares, magmáticas e metamórficas.
- As rochas e os minerais têm diversas aplicações, como por exemplo a construção ou a cerâmica.
- A exploração das rochas deve ser feita de forma sustentável.



AVALIA CONHECIMENTOS

- 1** A figura seguinte representa, de forma esquemática, o ciclo das rochas. Observa-a e responde às questões.



- 1.1** Estabelece a relação correta entre as letras, A, B, C, D e E, e os seguintes termos:
I — sedimentos; II — rochas metamórficas; III — rochas magmáticas plutónicas;
IV — rochas sedimentares; V — rochas magmáticas vulcânicas.
- 1.2** Estabelece a relação correta entre os números da figura (1 a 6) e os termos da seguinte lista:
I — sedimentação; II — meteorização; III — metamorfismo; IV — diagénese; V — fusão;
VI — erosão e transporte.
- 1.3** Selecciona a opção que completa corretamente a afirmação.
A transformação da rocha D na rocha C deve-se essencialmente...
- A — ... à diminuição da pressão e da temperatura.
 - B — ... ao aumento da pressão e da temperatura.
 - C — ... ao contacto com agentes erosivos como a água e o vento.
 - D — ... ao aumento da temperatura e à diminuição da pressão.
- 1.4** Selecciona a opção que não completa corretamente a afirmação.
A transformação da rocha B em E deve-se essencialmente...
- A — ... à diminuição da temperatura.
 - B — ... à atuação do vento.
 - C — ... à presença de água.
 - D — ... ao aumento da pressão.
- 1.5** Selecciona a opção que completa corretamente a afirmação.
X, Y e Z podem ser, respetivamente, ...
- A — ... arenito, granito e xisto.
 - B — ... xisto, granito e basalto.
 - C — ... arenito, xisto e granito.
 - D — ... basalto, granito e arenito.

- 2 Observa a figura, que representa a distribuição das principais rochas em Portugal continental, e responde às questões.

2.1 Classifica as afirmações como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- A — Em Portugal continental podem encontrar-se rochas dos três grandes grupos (sedimentares, magmáticas e metamórficas).
- B — A probabilidade de encontrar granito é igual em qualquer ponto do País.
- C — A maior concentração de calcário ocorre na região centro oeste.
- D — As areias concentram-se essencialmente nas regiões litorais.
- E — Só há granitos na região norte de Portugal.
- F — As rochas mais abundantes na região de Évora são as rochas magmáticas.

2.2 Refere a razão pela qual as casas tradicionais da região norte são construídas em granito.



- 3 As figuras que se seguem representam a clássica calçada portuguesa: passeios trabalhados em calcário (rocha clara) e basalto (rocha escura). A calçada continental é normalmente clara com desenhos escuros (A), enquanto, nas ilhas, as calçadas tendem a ser escuras com desenhos claros (B).

3.1 Justifica a diferença entre as calçadas continentais e as dos arquipélagos da Madeira e dos Açores, tendo em conta a litologia das regiões.



3.2 Selecciona a opção que completa corretamente a afirmação.
Argila e [...] podem ser usados(as), respetivamente, na [...] e na produção de vidro.

- A — calcário [...] pavimentação
- B — areia [...] cerâmica
- C — calcário [...] cerâmica
- D — areia [...] pavimentação

- 4 Refere duas desvantagens associadas à exploração de pedreiras.

9.1

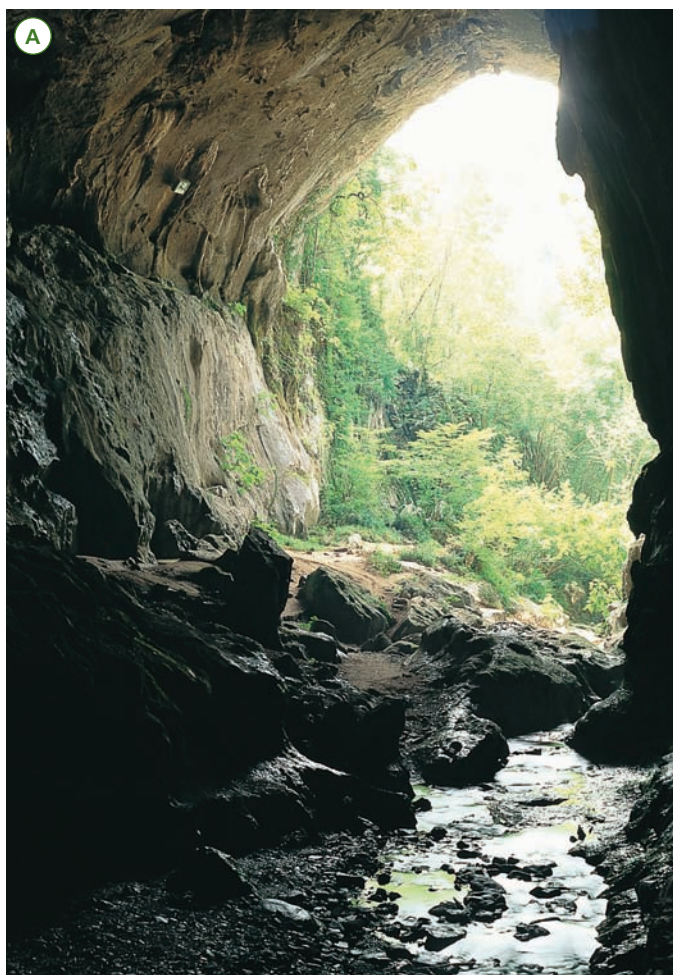
Os sismos

Os sismos são abalos naturais que ocorrem bruscamente, num determinado local da litosfera terrestre, durante um espaço de tempo curto.

O ramo da Geologia que se dedica ao estudo da atividade sísmica é a **Sismologia** e os cientistas que a estudam são os sismólogos.

A principal causa dos sismos está relacionada com movimentos tectónicos que originam falhas ou que reativam falhas pre-existentes.

Podem, no entanto, existir outras causas naturais, como deslocamentos de magma no interior da Terra ou no interior do aparelho vulcânico, deslizamentos bruscos de material em vertentes, desabamentos em grutas **1** e impactos de meteoritos, e causas provocadas pelo Homem, como a passagem de grandes camiões ou a detonação de explosivos muito fortes **2**.



1 O desabamento de materiais rochosos em grutas [A] e o deslizamento de grandes massas de materiais em vertentes [B] são também causas de sismos.



2 A passagem de grandes camiões ou a detonação de explosivos podem também dar origem à ocorrência de sismos.

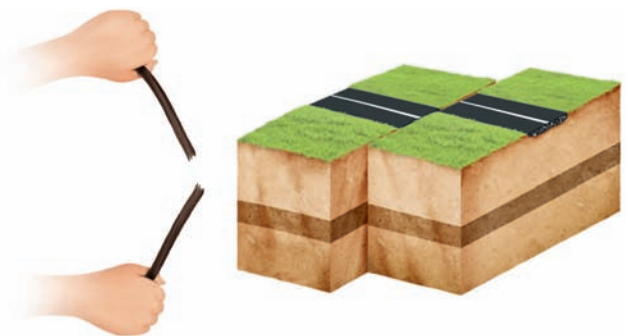
A origem de um sismo

Se tentares dobrar uma régua, no início ela começa a dobrar **3**. Ao soltares uma das mãos, verificarás que a régua vibra durante algum tempo, devido à energia que tu lhe transmitiste quando a dobraste.

Se forçares o movimento interrompido anteriormente, a régua acabará por se partir **4**. Quando a régua se parte, estás a simular a formação de uma falha e a geração de um sismo.



3 A transferência de energia das mãos para a régua provoca a deformação desta, tal como acontece em consequência de forças tectónicas.



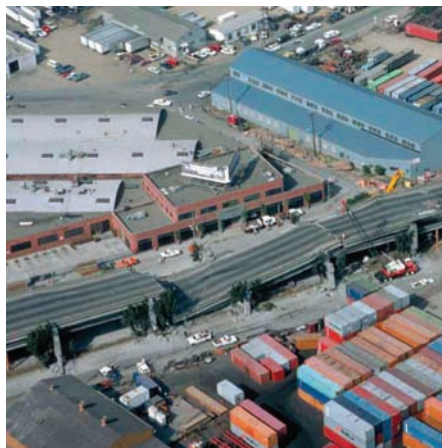
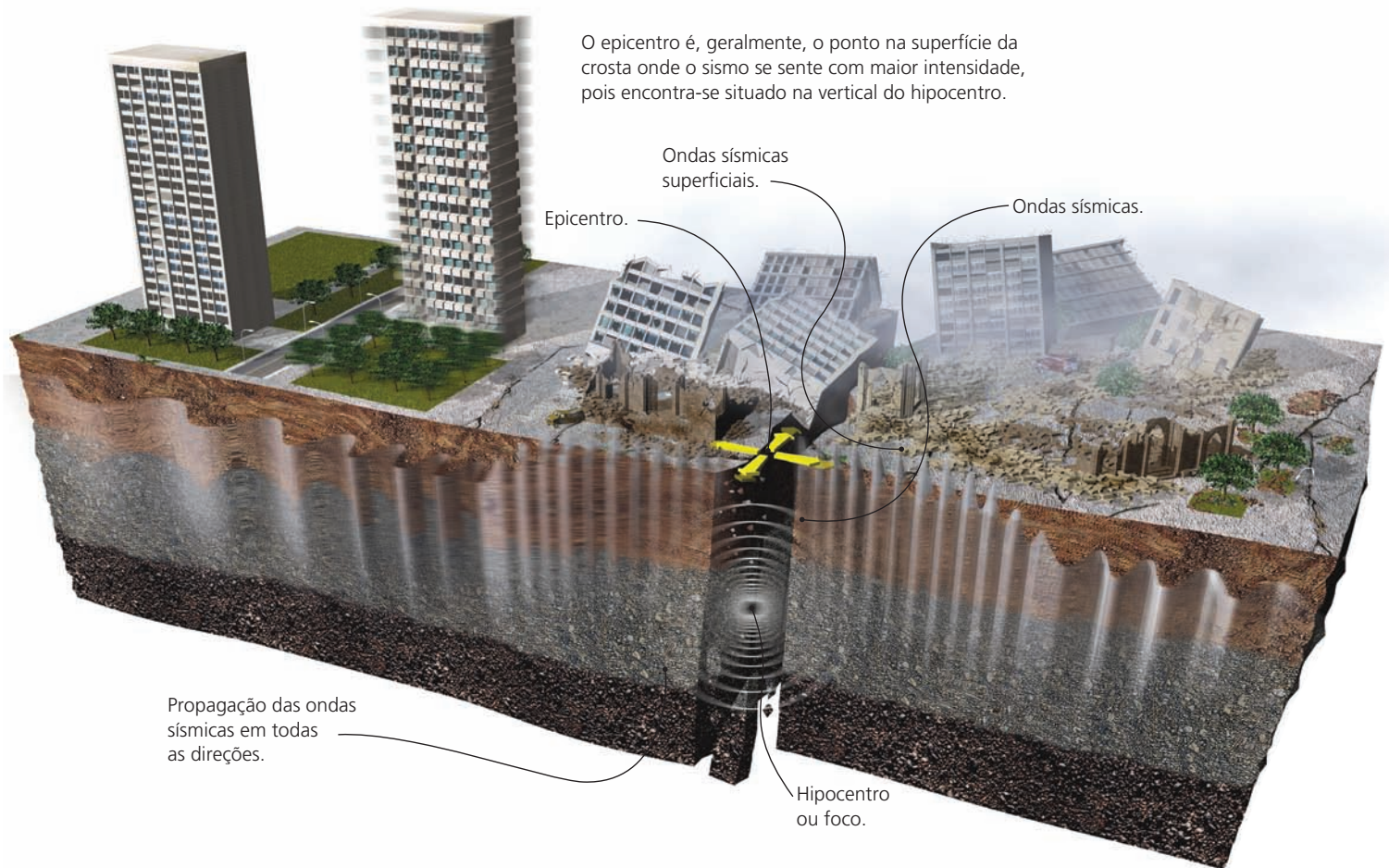
4 A continuação da pressão exercida na régua faz com que esta quebre, tal como acontece em consequência das forças tectónicas, que provocam a geração de falhas.

Em alguns locais da litosfera, e devido a forças tectónicas que aí se acumulam, há rochas que começam a sofrer grandes tensões, o que provoca deformações que se acentuam gradualmente até haver a rutura do material litosférico; nesse momento formam-se falhas, ou então dá-se o movimento dos blocos de litosfera em falhas preexistentes. Nessa rutura há uma grande libertação de energia, que se propaga sob a forma de **ondas sísmicas**.

Hipocentro — *focus*
Epicentro — *epicenter*

O local onde se dá a libertação da energia é designado por **hipocentro**, ou foco, e o local que fica na superfície terrestre na vertical do foco é designado por **epicentro**.

As ondas sísmicas, ao propagarem-se na superfície, provocam danos. O epicentro é, geralmente, o local onde as ondas sísmicas podem provocar maiores estragos [5].



[5] O sismo origina-se pela libertação de energia no hipocentro, ou foco, que se propaga em todas as direções sob a forma de ondas sísmicas, provocando diferentes estragos.

Quando o epicentro de um sismo se localiza no fundo oceânico, o sismo pode dar origem a um **tsunami** — onda de grandes dimensões com grande poder destruidor. Os *tsunamis* podem deslocar-se ao longo de milhares de quilómetros com elevada velocidade (podem atingir os 900 km/h).

Em águas profundas, viajam a grande velocidade, mas com pouca altura. Ao atingir o continente, os *tsunamis* perdem velocidade e adquirem altura, podendo chegar aos 40 metros de altura, devastando os locais de menor altitude **6**.

Tsunami — *tsunami*

SABIAS QUE...

... a velocidade a que um *tsunami* se desloca em alto-mar permite atravessar o oceano Pacífico de uma ponta à outra em 24 horas?

Em águas muito profundas as ondas apresentam grande velocidade.

A medida que as ondas se aproximam da costa, a sua altura aumenta.

Ao atingir os locais mais baixos, o *tsunami* apresenta um elevado poder destruidor.

Um *tsunami* pode atingir os 40 m de altura.

Um sismo com epicentro no oceano pode dar origem a um *tsunami*.



6 Propagação de um *tsunami*. Instantes da chegada do *tsunami* de 11 de março de 2011 à costa do Japão.

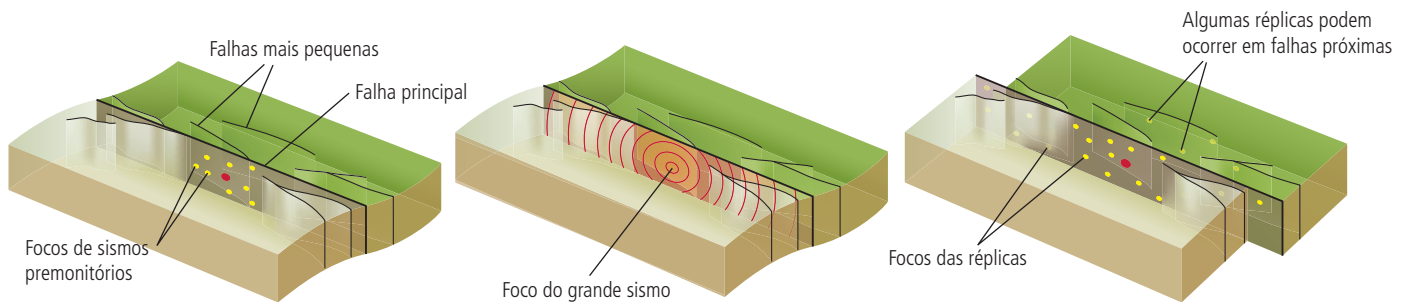
Sismos premonitórios — foreshock

Réplica — aftershock

Sismógrafo — seismograph

Sismograma — seismogram

Antes de um grande sismo podem ocorrer sismos de menor intensidade, designados por abalos ou **sismos premonitórios**. Depois de um grande sismo podem ocorrer outros abalos, que libertam menor quantidade de energia, designados por **réplicas** **7**.

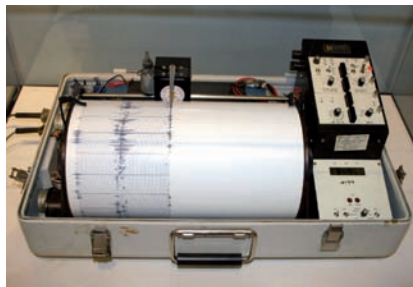


7 Os grandes sismos são geralmente precedidos de sismos de menor intensidade — sismos premonitórios — e são seguidos por outros — as réplicas.

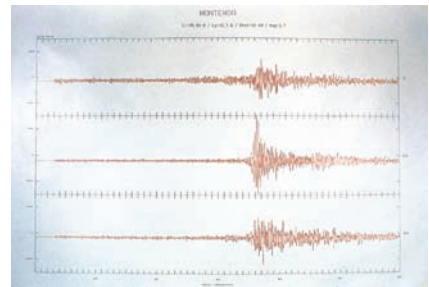
O registo dos sismos

Os sismos são registados por instrumentos designados por **sismógrafos**. O movimento provocado pelas ondas sísmicas origina a oscilação e, conseqüentemente, o seu registo, em papel **8** ou digital.

Os registos obtidos pelo sismógrafo denominam-se **sismogramas** **9** e permitem que se detete o local do epicentro do sismo e a quantidade de energia libertada no foco.



8 Sismógrafo portátil.



9 Sismograma.

ATIVIDADES

1 Lê o texto e responde às questões.

Réplicas de sismo não param no Japão

Um forte sismo de magnitude 7,1 na escala de Richter ocorreu hoje no nordeste do Japão, perto da central nuclear de Fukushima, e as autoridades emitiram um alerta de *tsunami*. Os japoneses do Nordeste vivem num estado de tensão permanente desde há um mês. Centenas de réplicas foram registadas ao longo desse período. O epicentro foi localizado em terra, apenas a 10 quilómetros de profundidade, onde há precisamente um mês ocorreu um sismo de magnitude 9,1, que foi seguido de um *tsunami*.

<http://aeiou.expresso.pt> (adaptado)

1.1 Por que razão algumas réplicas provocam mais estragos do que o grande sismo?

1.2 De que forma terá sido possível determinar o epicentro do sismo referido no texto?

A medição dos sismos

Os sismos podem ser medidos relativamente à energia libertada ou aos danos causados. A medida de **energia libertada no hipocentro de um sismo** é designada por **magnitude**. A avaliação da magnitude de um sismo é obtida através da análise do sismograma do sismo.

A magnitude é medida por uma escala inventada por Charles Richter e Beno Gutenberg (apesar de este último nunca ser referido), designada por **escala de Richter**. Esta escala não tem máximo, mas a magnitude mais elevada obtida até ao momento é de 9,5.

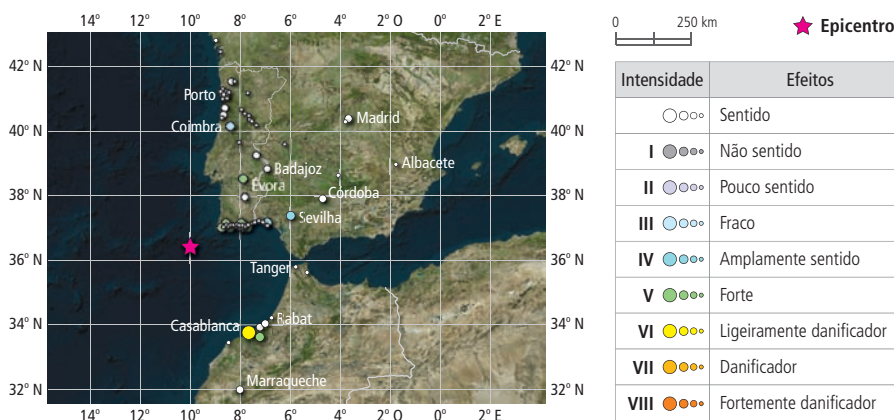
Os sismos podem provocar danos que dependem da quantidade de energia libertada no hipocentro, da proximidade do epicentro, do tipo de substrato, da direção da propagação das ondas sísmicas, da qualidade das construções e das infraestruturas existentes no local.

A **intensidade** de um sismo é determinada pelos **efeitos que o sismo provoca nas populações, nas construções e no ambiente**.

A **escala de Mercalli** tem sido a mais utilizada para avaliar a intensidade de um sismo num determinado local. Esta escala foi inventada em 1902 pelo italiano Giuseppe Mercalli, tendo sido depois reformulada em 1956 por Richter, passando então a denominar-se **escala de Mercalli modificada**.

A evolução dos materiais e das técnicas de construção levou a que se efetuassem alterações nas escalas de intensidade utilizadas. Surgiu assim, em 1998, a **escala macrossísmica europeia** (EMS-98), com o objetivo de uniformizar a avaliação da intensidade dos sismos a nível europeu, que veio substituir a escala de Mercalli e outras idênticas **10**. Esta escala é muito semelhante à de Mercalli modificada: possui 12 graus, mas, ao contrário desta, tem em conta a resistência sísmica dos edifícios, que são, assim, agrupados em 6 classes de vulnerabilidade sísmica — desde vulnerabilidade máxima (classe A) até vulnerabilidade mínima (classe F).

Magnitude — *magnitude*
Escala de Richter — *Richter scale*
Intensidade — *intensity*
Escala de Mercalli modificada — *modified Mercalli intensity scale*
Escala macrossísmica europeia — *european macroseismic scale*



10 O sismo de 17 de dezembro de 2009 a oeste de Gibraltar teve uma magnitude de 5,5 (escala de Richter), mas foi sentido com diferentes intensidades (escala macrossísmica europeia) em Portugal, Espanha e Marrocos.

ATIVIDADES

- 1 Explica a necessidade de se utilizarem duas escalas diferentes para avaliar um sismo.
- 2 Completa a seguinte frase: O sismo ocorrido ontem teve uma magnitude de 7,3 na escala de...

ESCALA MACROSSÍSMICA EUROPEIA

I. Não sentido

Não sentido pelo Homem.

III. Fraco

Sentido no interior das casas por poucas pessoas. Pessoas em descanso sentem um balanceamento ou um estremecimento leve.



V. Forte

Sentido no interior das casas pela maioria das pessoas e por poucas fora de casa. Muitas pessoas a dormir são acordadas. Algumas pessoas assustam-se.

Os prédios estremecem de forma generalizada. Objetos suspensos baloiçam consideravelmente. A vibração é forte. Pequenos objetos são deslocados. Algumas janelas ou portas abrem-se ou fecham-se.



VII. Danificador

A maior parte das pessoas assusta-se e foge para fora das casas. Os móveis são deslocados e numerosos objetos caem das prateleiras. Muitos edifícios comuns de boa construção sofrem danos moderados: pequenas fendas nas paredes, quedas de estuque, quedas parciais de chaminés. Os edifícios mais antigos podem apresentar grandes fendas nas paredes e ruturas nas paredes de enchimento.



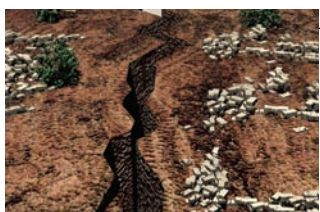
IX. Destrutivo

Pânico geral. Muitas construções fracas colapsam. Muitos edifícios comuns de boa construção colapsam parcialmente e alguns colapsam completamente. Monumentos e colunas caem ou sofrem rotação.



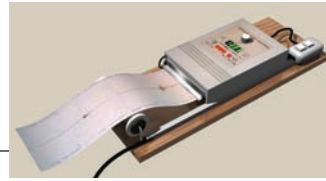
XI. Devastador

A maioria dos edifícios de boa construção colapsa. Mesmo alguns edifícios construídos com um bom projeto sismorresistente são destruídos.



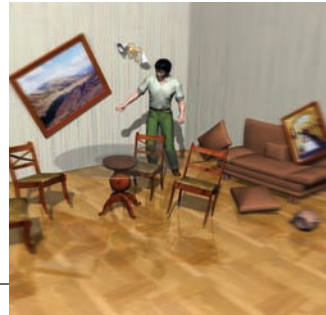
II. Pouco sentido

Apenas sentido por muito poucas pessoas que estejam a descansar dentro de casa.



IV. Amplamente sentido

Sentido no interior das casas por muitas pessoas e por muito poucas no exterior. Poucas pessoas são acordadas. As janelas, portas e loiças abanam. Os objetos pendurados oscilam.



VI. Ligeiramente danificador

Sentido pela vasta maioria das pessoas que se encontravam no interior de edifícios e por muitas das que se encontravam no exterior. Pequenos objetos caem. Danos ligeiros em muitos edifícios de construção corrente: abertura de pequenas fissuras nos rebocos e queda de pequenos pedaços de estuque. Muitas pessoas assustam-se e fogem para o exterior dos edifícios.



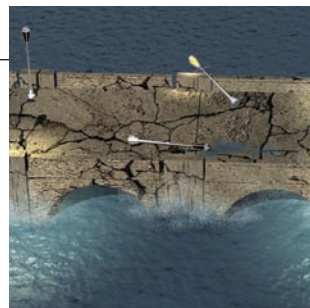
VIII. Fortemente danificador

Muitas pessoas têm dificuldade em permanecer em pé. Os móveis caem. Muitas casas apresentam grandes fendas nas paredes. Alguns edifícios comuns de boa construção mostram grandes ruturas nas paredes, enquanto estruturas mais antigas e fracas podem colapsar.



X. Muito destrutivo

Muitos edifícios comuns de boa construção colapsam.



XII. Completamente devastador

Praticamente todos os edifícios são destruídos.

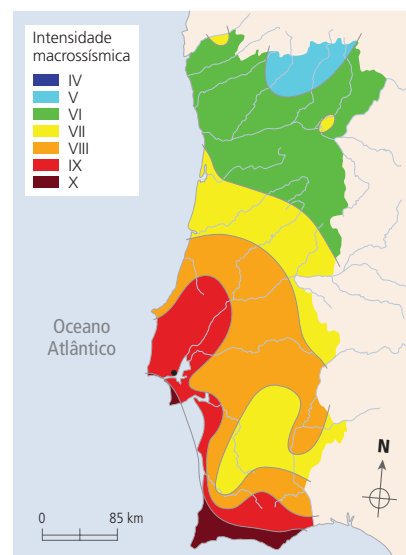
■ A prevenção e a proteção sísmicas

Para cada sismo ocorrido, é possível a construção de um mapa, ou carta, de **isossistas** — linhas que envolvem áreas cuja intensidade sísmica sentida tenha sido igual ou superior ao valor assinalado. São mapas elaborados com base na geologia dos locais e analisando a atividade sísmica desses locais ao longo de vários anos. Estes mapas têm grande utilidade na **prevenção do risco sísmico**, uma vez que a previsão se baseia na consulta de mapas de isossistas máximas para determinado local **[11]** e na monitorização de falhas ativas.

Portugal encontra-se numa zona com risco sísmico moderado, dada a sua localização geológica. A zona litoral sul é a que apresenta maior risco. É, assim, importante sabermos o que fazer para nos prevenirmos e protegermos dos efeitos dos sismos.

A prevenção compreende medidas para minimizar os efeitos dos sismos, nomeadamente simulações de sismos em edifícios públicos, como, por exemplo, nas escolas, e divulgação junto das populações dessas mesmas medidas preventivas.

Isossista — *isoseismal*



[11] Mapa de isossistas máximas de Portugal continental.

SABER ATUAR PERANTE UM SISMO

Antes de um sismo: preparar um plano de proteção

Os adultos e as crianças devem dialogar sobre o que fazer se ocorrer um sismo.

As crianças e os jovens devem saber como desligar a eletricidade, a água e o gás.

Durante um sismo

Escolher os locais mais seguros

- Vãos de portas, de preferência em paredes-mestras.
- Cantos das divisões.
- Debaixo de mesas, camas ou outras superfícies resistentes.

Evitar os locais mais perigosos

- Elevadores.
- Junto a janelas, espelhos e chaminés.
- No meio das divisões.
- Saídas.

Ter sempre à mão um estojo de emergência

- Rádio a pilhas.
- Lanterna a pilhas.
- Pilhas de reserva.
- Estojo de primeiros socorros.
- Medicamentos essenciais.
- Agasalhos.

Ter sempre armazenados água e alimentos enlatados para 2 ou 3 dias.



ATIVIDADES

- 1 Identifica o risco sísmico da região onde vives.
- 2 Faz uma previsão das consequências no caso de ocorrer um sismo na tua região.

ATIVIDADES

- 1 Lê o texto, analisa as imagens e responde às questões.

Portugal encontra-se numa localização de risco sísmico moderado. Portugal continental encontra-se próximo do limite das placas tectónicas africana e euro-asiática, tendo, por isso, ao longo do tempo, atividade sísmica frequente.

O sismo de **1 de novembro de 1755** foi sentido em toda a Península Ibérica e os seus efeitos foram sentidos até ao norte de Espanha, tendo provocado grande destruição nas regiões costeiras de Portugal, Espanha e Marrocos.

Este sismo foi seguido de um *tsunami* cujo efeito se fez sentir em maior grau no Algarve e em Lisboa, e, em menor grau, ao longo da costa ocidental até Peniche. O *tsunami* sentiu-se na costa portuguesa, no sudoeste de Espanha, no norte de África, nas Ilhas Britânicas e na Holanda.

O epicentro situou-se aproximadamente a 200 km a sudoeste do cabo de São Vicente e é considerado um dos maiores sismos de sempre (é-lhe atribuída magnitude próxima de 9). Estima-se que o número de mortos em Portugal tenha sido perto de 70 000.

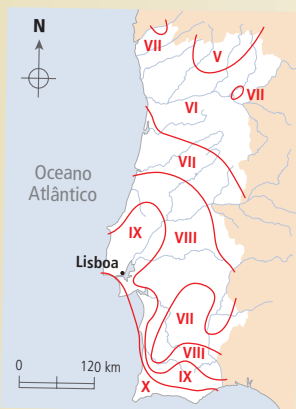
A falha do vale inferior do Tejo foi a origem do sismo de **23 de abril de 1909**, que provocou a destruição total da vila de Benavente e para o qual se estimou uma magnitude entre 6,0 e 7,0.

O seu epicentro localizou-se entre Samora Correia e Benavente. Foi sentido nessa região com uma intensidade IX a X.

Na região de Benavente, provocou a morte de 46 pessoas, 75 feridos, elevado número de desalojados e avultados danos materiais. Em Lisboa, a intensidade máxima sentida foi de VI, causando apenas danos materiais.

A **28 de fevereiro de 1969**, teve origem junto da fronteira de placas outro sismo que, apesar de fortemente sentido, causou apenas danos materiais ligeiros. A sua magnitude foi de 7,3. Este sismo provocou alarme e pânico entre a população, avarias nos telefones, corte no fornecimento de energia elétrica e causou 13 vítimas mortais em Portugal continental.

<http://www.spes-sismica.org> http://www.cm-lisboa.pt/archive/doc/Sismo_1969.pdf (adaptado)



Isossistas do sismo de 1 de novembro de 1755.



Isossistas do sismo de 23 de abril de 1909.



Isossistas do sismo de 28 de fevereiro de 1969.

- 1.1 A origem dos sismos descritos é a mesma? Justifica a tua resposta.
- 1.2 Qual dos sismos descritos teve a maior magnitude? E a menor magnitude?
- 1.3 Como se designam as curvas representadas em cada um dos mapas?
- 1.4 Indica a intensidade máxima de cada um dos sismos descritos e o local onde a mesma ocorreu.

- 2 Refere fatores que podem fazer diferenciar as intensidades de um sismo.

- 3 Faz uma pesquisa sobre a ocorrência de sismos em Portugal nos últimos trinta anos e respetivas consequências (podes consultar as seguintes páginas da Internet: www.emsc-csem.org; www.ipma.pt; www.cvarg.azores.gov.pt).



TRABALHO PRÁTICO

O que faz variar a intensidade de um sismo?

Material

- 1 mesa
- 40 peças tipo lego (4 cm × 2 cm)

Procedimento

1. Sobre a mesa dispõe 20 peças de igual tamanho, na horizontal, deixando algum espaço entre elas.
2. Dá uma pancada com alguma força num dos pés da mesa. Conta o número de peças que caíram e regista a localização preferencial das que caíram (perto/longe da pancada).
3. Repete os passos 1 e 2 do procedimento, mas com as peças na vertical.
4. Repete mais uma vez os passos 1, 2 e 3 do procedimento, aplicando agora uma força mais intensa no pé da mesa.

Resultados

No caderno, regista os resultados num quadro semelhante a este.



INTENSIDADE DA FORÇA	DISPOSIÇÃO DAS PEÇAS	PEÇAS CAÍDAS		LOCALIZAÇÃO DAS PEÇAS	
		Número	Porcentagem (%)	Perto do ponto de aplicação da força	Longe do ponto de aplicação da força
Frac	Na horizontal				
	Na vertical				
Forte	Na horizontal				
	Na vertical				

Tópicos de discussão

1. Diz o que representam:
 - a) a pancada exercida no pé da mesa;
 - b) o local onde se exerceu a pancada;
 - c) as peças de lego.
2. Relaciona o número de peças caídas com a intensidade da força exercida no pé da mesa.
3. Relaciona o número de peças caídas com a distância ao local onde foi aplicada a força.
4. Relaciona a forma como as peças estavam dispostas com os estragos causados.
5. Antes de se construir em regiões de risco sísmico, que cuidados se devem ter?

Conclusão

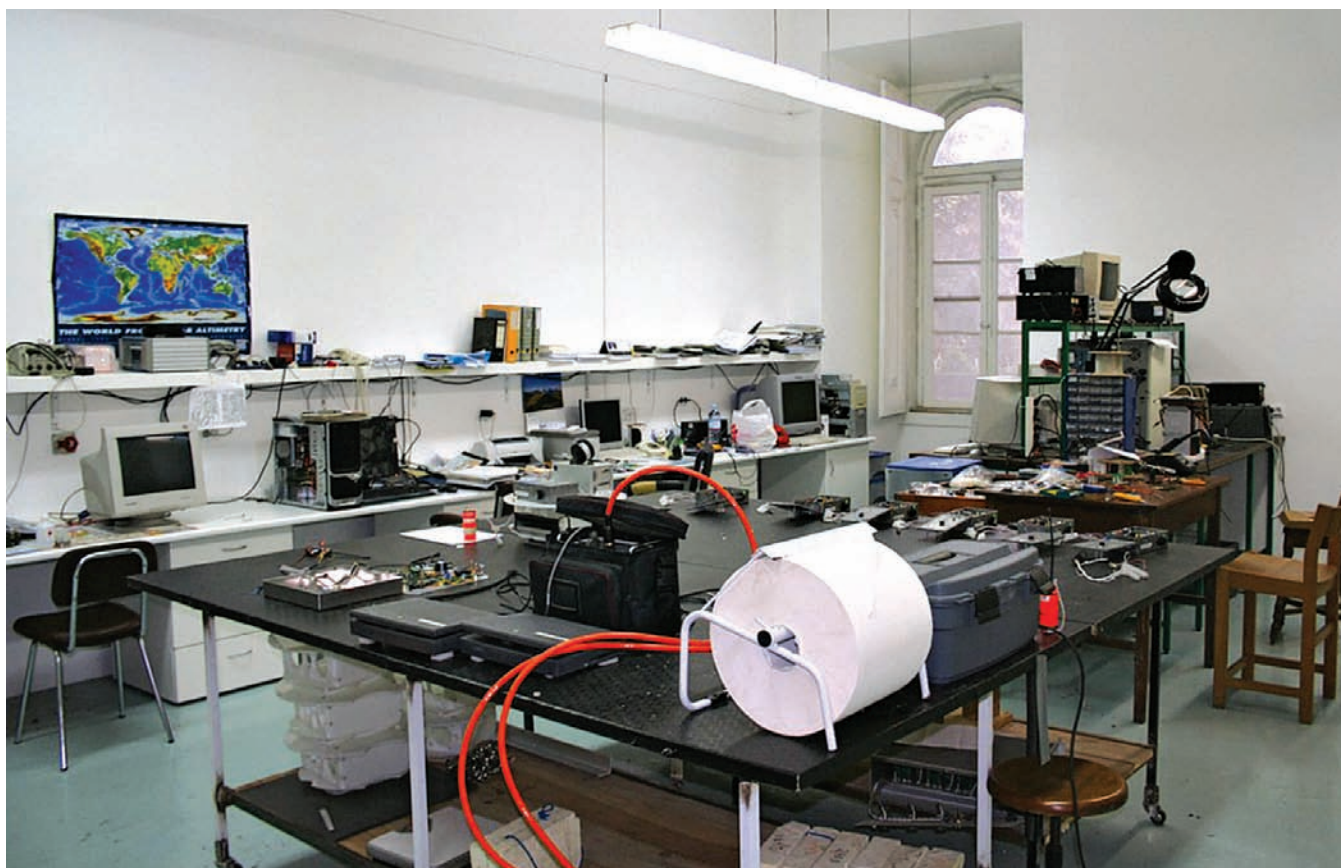
Responde à questão inicial deste trabalho.

■ A previsão sísmica

Os locais de maior ocorrência de sismos coincidem com os limites das placas tectónicas. No entanto, podem também ocorrer sismos em locais sem qualquer historial sísmico. Sendo assim, qualquer região do Mundo, em qualquer momento, pode sofrer um episódio sísmico, pelo que é fundamental a sua previsão, ou seja, saber quando e onde vai ocorrer um sismo. Mas será isso uma realidade? Até agora os cientistas só puderam fazer estimativas, pois não lhes foi ainda possível desenvolver um método capaz de prever com fiabilidade a ocorrência de um sismo.

Desde que em Potsdam (Alemanha) se fez o primeiro registo gráfico dos movimentos do solo produzidos por um sismo no Japão, a 17 de abril de 1889, até à atualidade, a investigação e as tecnologias associadas à observação sísmica e transmissão de dados têm evoluído enormemente.

Atualmente, o envio de dados é feito em tempo real ou quase real (poucos segundos de diferença), verificando-se um grande empenho por parte da comunidade científica para desenvolver uma rede de vigilância sísmica global, na qual participam, a nível nacional, o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), o Centro de Geofísica de Évora (CGE), o Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa (CGUL) **12** e o Instituto Superior Técnico (IST), em colaboração com o GEOFON (Alemanha), o EMSC (França), o ROA (Espanha) e o ORFEUS (Holanda).



12 Laboratório de Sismologia do Instituto Geofísico Infante D. Luiz / Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa.

A previsão sísmica baseia-se na identificação de padrões de recorrência de episódios sísmicos e na vigilância sísmica, que permitem cartografar as zonas de risco sísmico elevado ou baixo [13]. Neste processo pode ser útil a identificação de certos fenómenos associados a sismos já ocorridos, tais como:

- modificação na velocidade das ondas sísmicas;
- diminuição da resistividade elétrica das rochas;
- aumento da quantidade de rádio libertado;
- variação do nível de água de poços;
- alterações do campo magnético e gravítico.

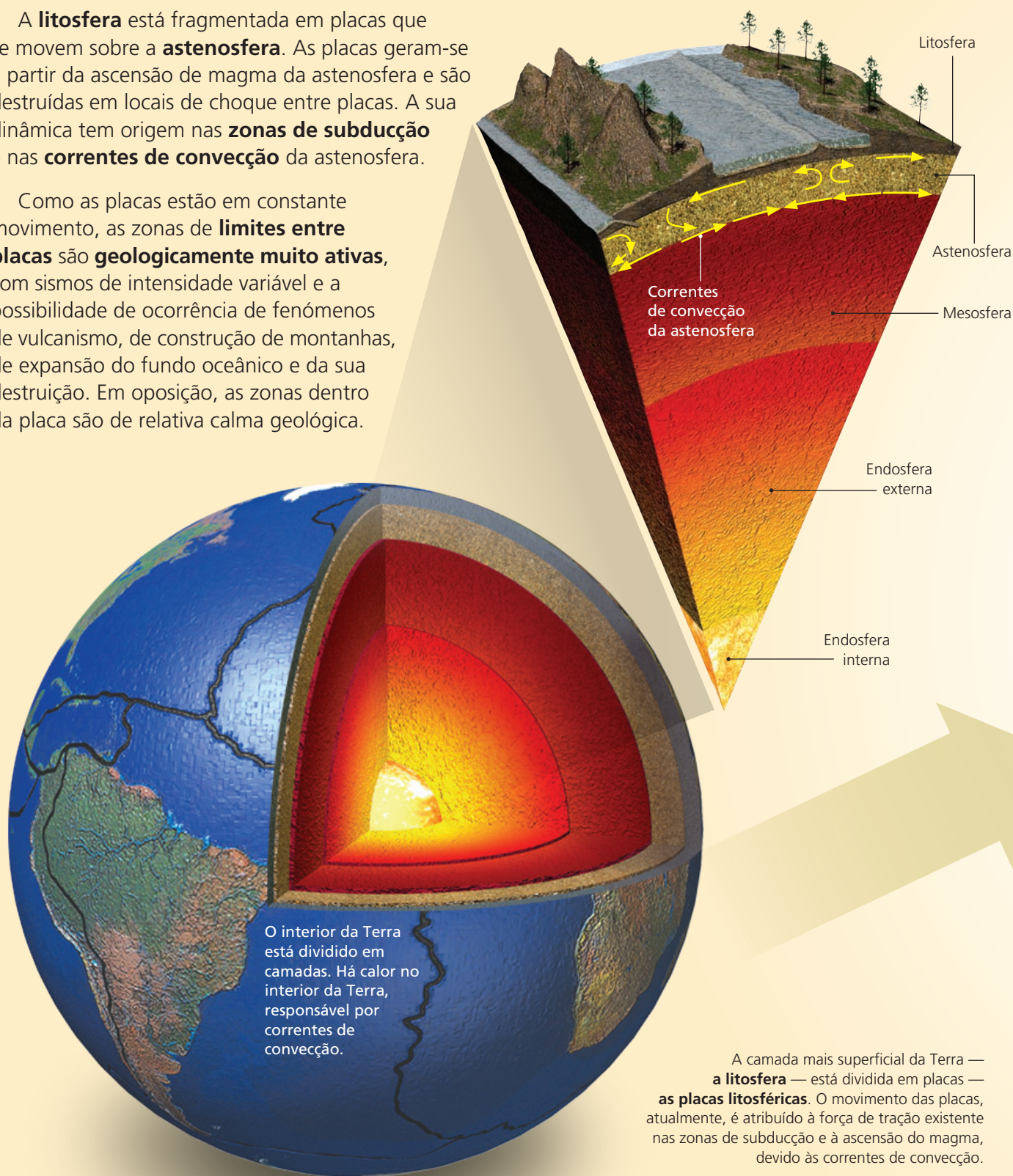


13 Tecnologia utilizada na vigilância sísmica: sismógrafo horizontal Wiechert com 1200 kg, de 1910 [A]; sismógrafo moderno eletromagnético [B]; estação sísmica ultraportátil [C]; equipamento de refração/reflexão sísmica [D]; georadar TerraSIRch SIR-3000 [E]; magnetómetro Geometrics G-856 Magnetometer [F].

■ Dinâmica interna da Terra

A **litosfera** está fragmentada em placas que se movem sobre a **astenosfera**. As placas geram-se a partir da ascensão de magma da astenosfera e são destruídas em locais de choque entre placas. A sua dinâmica tem origem nas **zonas de subducção** e nas **correntes de convecção** da astenosfera.

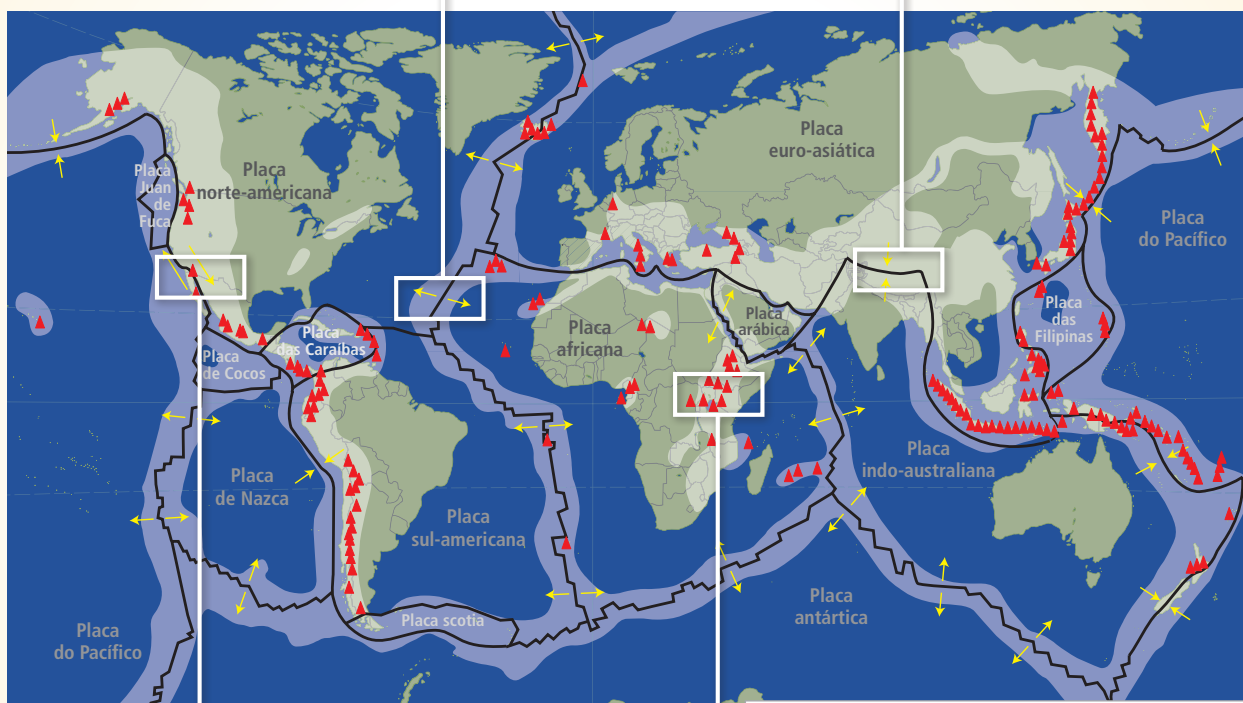
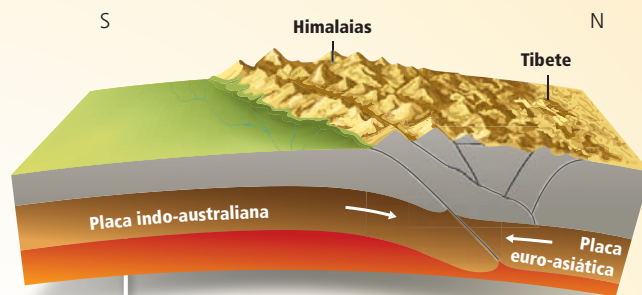
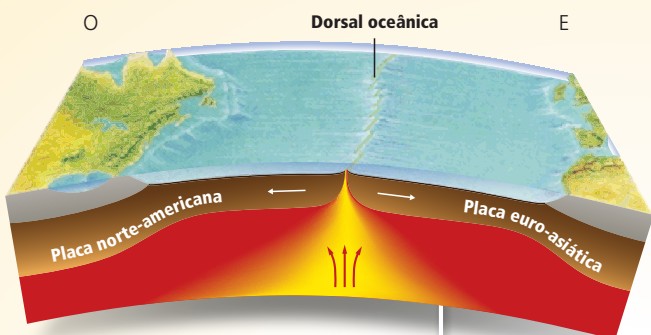
Como as placas estão em constante movimento, as zonas de **limites entre placas** são **geologicamente muito ativas**, com sismos de intensidade variável e a possibilidade de ocorrência de fenómenos de vulcanismo, de construção de montanhas, de expansão do fundo oceânico e da sua destruição. Em oposição, as zonas dentro da placa são de relativa calma geológica.



Nota: As ilustrações não se encontram à escala.

Há locais, no fundo dos oceanos, onde se gera crosta oceânica.

Há locais onde as placas continentais chocam umas com as outras, o que provoca deformações e enrugamentos, originando montanhas.

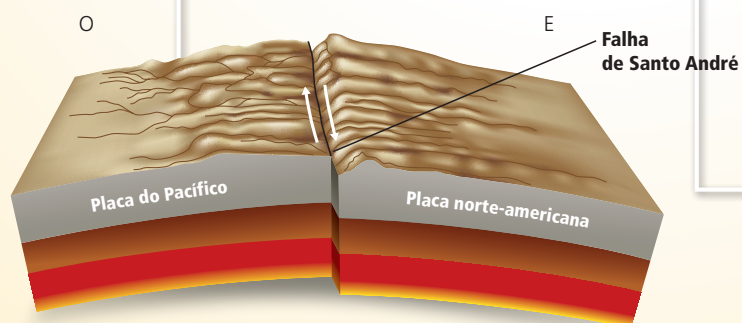


Na sua maioria, os **vulcões** são as cicatrizes que surgem como consequência da mobilidade das placas litosféricas. A maior parte dos vulcões situa-se no limite das placas litosféricas.

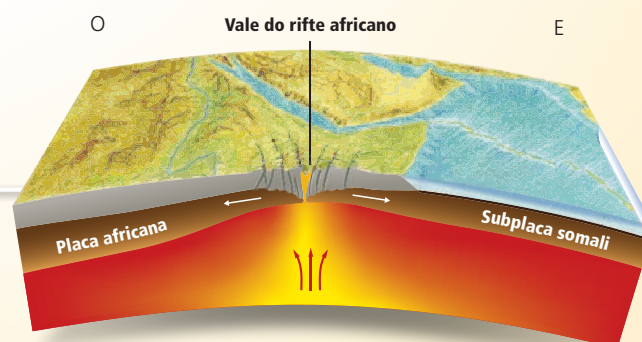


As áreas de ocorrência de **sismos**, no geral, também se situam num local muito próximo do limite das placas litosféricas.

~~~~~ Limite da placa tectónica      → Direção do movimento das placas



Há locais onde não há formação nem destruição de litosfera, nos quais as placas tectónicas deslizam ao longo uma da outra, dando origem a sismos.



Há locais, no meio dos continentes, onde se forma crosta adelgaçada, dando origem a novos oceanos.



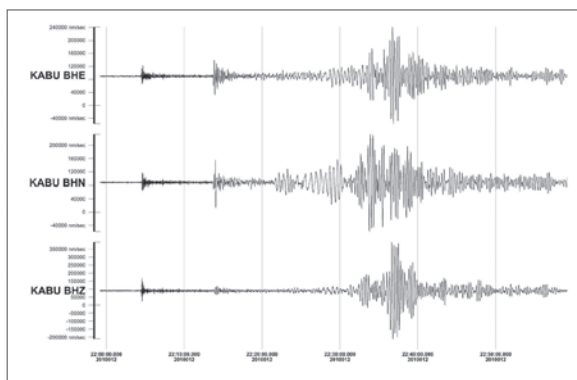
## Sismologia

A **Sismologia** é a ciência que estuda os sismos.

Os **sismos** são **movimentos bruscos da crosta**.

Têm origem no **hipocentro**, a partir do qual se liberta a energia sob a forma de **ondas sísmicas**. O local que fica na superfície terrestre na vertical do hipocentro é designado por **epicentro**.

Antes de um grande sismo podem ocorrer sismos de menor intensidade, designados por **abalos** ou **sismos premonitórios**. Depois de um grande sismo podem ocorrer outros abalos, que libertam menor quantidade de energia, designados por **réplicas**.

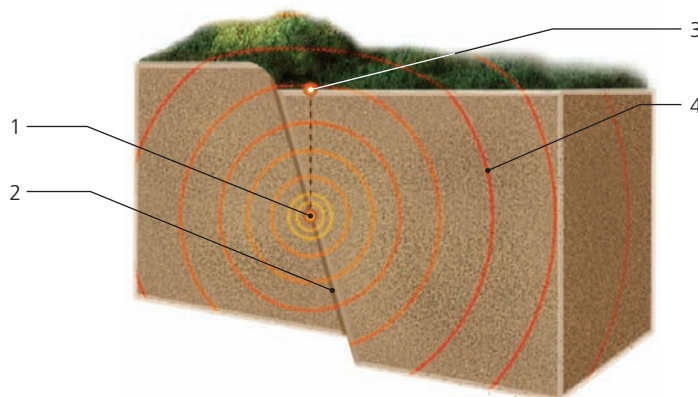


Os sismos podem ser registados através de **sismógrafos** e podem ser medidos relativamente à energia libertada no hipocentro (**magnitude**) ou aos danos provocados nas populações, nas construções e no ambiente (**intensidade**). A magnitude pode ser determinada usando a **escala de Richter** e a intensidade pode ser avaliada utilizando a **escala macrossísmica europeia**.



# AVALIA CONHECIMENTOS

- 1** Observa a imagem e responde às questões.



- 1.1** Faz a sua legenda.
- 1.2** Refere a origem deste sismo. Justifica.
- 1.3** Qual será o local onde, provavelmente, os efeitos deste sismo foram mais elevados?
- 1.4** Como se designam os sismos que ocorrem antes do grande sismo?
- 1.5** Que nome se dá aos sismos que ocorrem depois do grande sismo?

- 2** Observa a imagem seguinte, relativa ao sismo de Benavente, e responde às questões.



- 2.1** Sabendo que os números da figura indicam intensidades sísmicas, refere a designação das linhas curvas que se encontram no mapa.
- 2.2** Indica o nome de duas localidades que apresentem intensidade de grau VI. Refere alguns dos possíveis danos sofridos pelas populações dessas localidades.
- 2.3** Indica uma localidade em que os danos sofridos tenham sido iguais aos de Coruche. Justifica.
- 2.4** Menciona uma povoação que, provavelmente, esteja localizada perto do epicentro deste sismo. Justifica a tua resposta.
- 2.5** Distingue hipocentro de epicentro.

- 3** Para evitar danos maiores devido a um sismo, refere:

- a)** o que se deve fazer antes de um sismo;
- b)** o que não se deve fazer durante um sismo;
- c)** o que se deve fazer durante um sismo.

## 10.1

## Os métodos de estudo da estrutura da Terra

Há muito tempo que o Homem se dedica ao estudo da estrutura interna da Terra, utilizando para isso diversos métodos **1**.

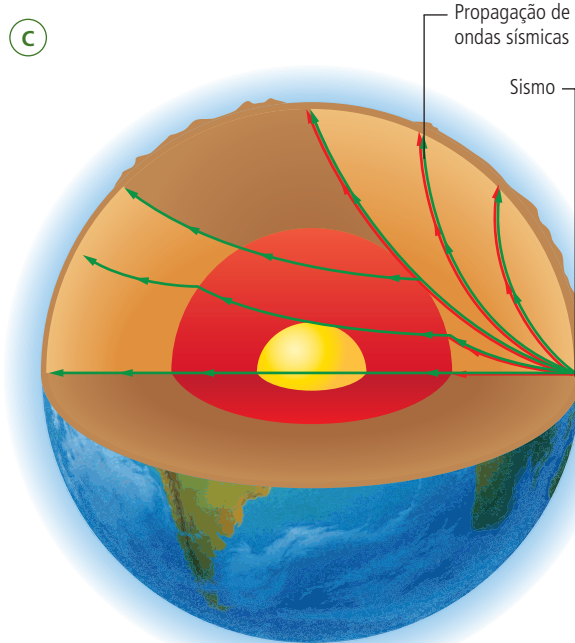
Nos **métodos diretos**, há recolha e observação de materiais existentes na Terra através de vários processos:

- sondagens — perfurações, com extração de amostras, designadas por tarolos de sondagem;
- explorações mineiras;
- recolha de materiais emitidos por vulcões.

Estes métodos permitem contactar com uma porção muito reduzida do interior do planeta Terra (cerca de 0,19 % do raio da Terra, que é de 6378 km), pois os locais mais profundos são inacessíveis, devido, por um lado, ao aumento significativo da temperatura e, por outro, à rigidez dos materiais do interior da Terra, que dificulta as perfurações.

Por esse motivo, é necessário recorrer aos **métodos indiretos**, que usam, sobretudo, informação obtida através do estudo das ondas sísmicas, da observação e análise de corpos meteoríticos e de dados fornecidos pelos satélites.

Tanto os métodos diretos como os métodos indiretos mostram que a Terra é constituída por níveis concêntricos e que a temperatura e a pressão aumentam com o acréscimo da profundidade.



**1** As sondagens [A], devido à recolha de amostras [B], e o comportamento das ondas sísmicas em profundidade [C] fornecem diferentes informações sobre a estrutura interna da Terra.



**10.2**

## Instrumentos tecnológicos que permitem compreender a estrutura interna da Terra

Para o conhecimento da estrutura interna da Terra, contribuíram diversos instrumentos tecnológicos, que se desenvolveram ao longo do tempo.

Na década de 1950 começaram a ser utilizadas técnicas analíticas de rochas e minerais que permitem um conhecimento cada vez maior acerca da composição química e mineralógica dos materiais que constituem o interior da Terra **2A**.

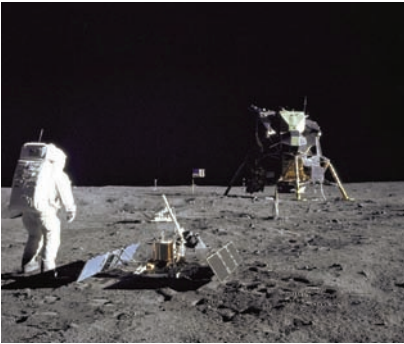
Na década de 1960 começou a operar o navio de investigação *Glo-mar Challenger*, que, em 1990, foi substituído pelo *Joides Resolution*. Estes navios efetuaram perfurações profundas que permitiram recolher dados geológicos sobre a estrutura da crosta terrestre em profundidade **2B**.

Na década de 1990 começou a utilizar-se a tomografia sísmica com computadores. Esta técnica permite caracterizar as camadas do interior da Terra **2C**.



**2** Equipamentos e tecnologias para o conhecimento da estrutura interna da Terra: Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro [A]; barco-laboratório *Joides Resolution* [B]; equipamento LPRO — tomografia sísmica [C].

### Contributos da planetologia



- 3** Buzz Aldrin na missão Apollo 11, em 1969, colocou um sismógrafo na superfície lunar. O aparelho tem medido vários terremotos na Lua. Entre 1972 e 1977 detetou 28 sismos relativamente fortes e mais prolongados do que os da Terra.



- 4** Rocha lunar trazida para a Terra pela missão Apollo 16 (recolhida no planalto lunar, perto da cratera de Descartes).



- 5** Meteorito constituído fundamentalmente por ferro e níquel, composição que se pensa ser semelhante à do núcleo terrestre.

A exploração direta da Lua possibilitou a instalação de estações sísmológicas, que têm estudado a propagação das ondas sísmicas na Lua **3**, e permitiu também trazer algumas rochas que puderam ser estudadas e comparadas com as da Terra **4**. Estes estudos contribuíram para estabelecer que a Lua, à semelhança da Terra, é constituída por camadas concêntricas: crosta, manto e núcleo.

O estudo dos meteoritos que caem na superfície terrestre tem também contribuído para caracterizar o interior da Terra, uma vez que se pensa que estes corpos são as únicas evidências concretas da matéria original que formou o sistema solar, possuem idades avançadas e correspondem a fragmentos de outros planetas do sistema solar que não se formaram devidamente. Desta forma, o estudo das suas características mineralógicas e químicas permite inferir as características das camadas constituintes da Terra **5**.

### Contributo da vulcanologia

O estudo dos materiais emitidos pelos vulcões permite que o Homem tenha contacto com os materiais que constituem as camadas mais periféricas da constituição terrestre. Consegue-se, desta maneira, analisar os componentes químicos e mineralógicos da crosta e do manto terrestres **6**.

### Contributo da sismologia

As ondas sísmicas emitidas a partir do foco do sismo atravessam o interior da Terra em todas as direções. O estudo do comportamento das ondas sísmicas (tempo de propagação das ondas) no interior da Terra, utilizando os sismógrafos que atualmente existem em vários locais do nosso planeta, permitiu estabelecer que a Terra é constituída por camadas concêntricas que possuem diferentes propriedades, divididas por superfícies de separação designadas por descontinuidades.



- 6** Os vulcanólogos aproximam-se dos materiais emitidos e podem recolher amostras.

## 10.4

# Os modelos da estrutura interna da Terra

A estrutura interna da Terra pode ser representada por dois modelos diferentes: um relativo à **composição química** da Terra e outro relativo às suas **propriedades físicas** **7**.

**Crosta oceânica** — *oceanic crust*  
**Crosta continental** — *continental crust*  
**Manto** — *mantle*  
**Núcleo** — *core*  
**Litosfera** — *lithosphere*  
**Astenosfera** — *asthenosphere*  
**Mesosfera** — *mesosphere*  
**Endosfera externa** — *outer core*  
**Endosfera interna** — *inner core*

**Crosta continental** — constituída essencialmente por granito, é mais espessa (15 a 75 km) e tem densidade inferior à da crosta oceânica.

**Crosta oceânica** — constituída essencialmente por basalto, é pouco espessa (7 a 10 km) e tem densidade superior à da crosta continental.

A crosta ocupa cerca de 0,5 % da massa da Terra.

**Manto** — constituído por rochas siliciosas, ricas em ferro e magnésio, é muito espesso e estende-se até aos 2900 km de profundidade. É mais denso do que a crosta. O manto ocupa cerca de 67 % da massa da Terra.

**Núcleo** — constituído por metais, principalmente ferro e níquel, tem densidade muito elevada. O núcleo ocupa cerca de 32,5 % da massa da Terra e estende-se até aos 6370 km.

**Litosfera** — mais superficial e de consistência sólida, tem uma espessura que varia entre os 100 e os 200 km. Inclui a crosta e a zona superficial do manto.

**Astenosfera** — menos rígida e relativamente viscosa, é constituída por rochas parcialmente fundidas, estendendo-se da base da litosfera até aos 350-670 km. Está incluída no manto.

**Mesosfera** — constituída por materiais sólidos, atingindo uma profundidade de 2900 km. Corresponde à restante porção do manto.

**Endosfera externa** — encontra-se entre os 2900 e os 5150 km de profundidade. Tem consistência líquida.

**Endosfera interna** — com consistência sólida, estende-se até aos 6370 km.

Modelo geoquímico

Modelo geofísico

**7** Comparação dos modelos geoquímico e geofísico da estrutura interna da Terra.



## ATIVIDADES

- 1 Observa as imagens seguintes e responde às questões.



- 1.1 Constrói uma legenda para cada imagem.  
 1.2 Qual é a limitação que apresentam todos estes métodos?  
 1.3 Sugere uma designação para estes métodos de observação de materiais da Terra.
- 2 Quais são as propriedades utilizadas para definir os dois modelos da estrutura interna da Terra?



## TRABALHO PRÁTICO

### Como é constituído o interior da Terra?

#### Material

- Plasticina (3 cores diferentes)
- Espátula
- Palitos
- Papel
- Marcadores

#### Procedimento

1. Com plasticina e a ajuda de uma espátula, modela uma meia esfera com cerca de 7 cm de diâmetro.
2. Modela com plasticina de outra cor uma segunda camada com 6 cm de espessura.
3. Por fim, com a plasticina de outra cor modela uma camada com a espessura mais fina que conseguires.
4. Corta três retângulos de papel com 6 cm de comprimento e 1 cm de largura e cola-os nos palitos, de forma a fazeres pequenas bandeiras.
5. Escreve em cada bandeira, com os marcadores, um dos seguintes termos: «crosta», «manto» e «núcleo».
6. Legenda o teu modelo, tendo em conta a escala utilizada.



#### Tópicos de discussão

1. Qual é a razão para teres colocado as camadas de plasticina com diferentes espessuras?
2. Justifica a legenda que fizeste no teu modelo.
3. Identifica o modelo de estrutura da Terra que fizeste.

#### Conclusão

Responde à questão inicial desta atividade.

## Estrutura interna da Terra

Para estudar a estrutura interna da Terra, utilizam-se **métodos diretos**, que envolvem a recolha de amostras (através de sondagens, exploração mineira ou recolha de materiais emitidos por vulcões), e **métodos indiretos**, que utilizam a informação fornecida pela observação de corpos meteoríticos, como sendo restos internos de outros planetas, e pela análise do comportamento das ondas sísmicas, entre outros.



Para explicar a estrutura interna da Terra, existem dois modelos:

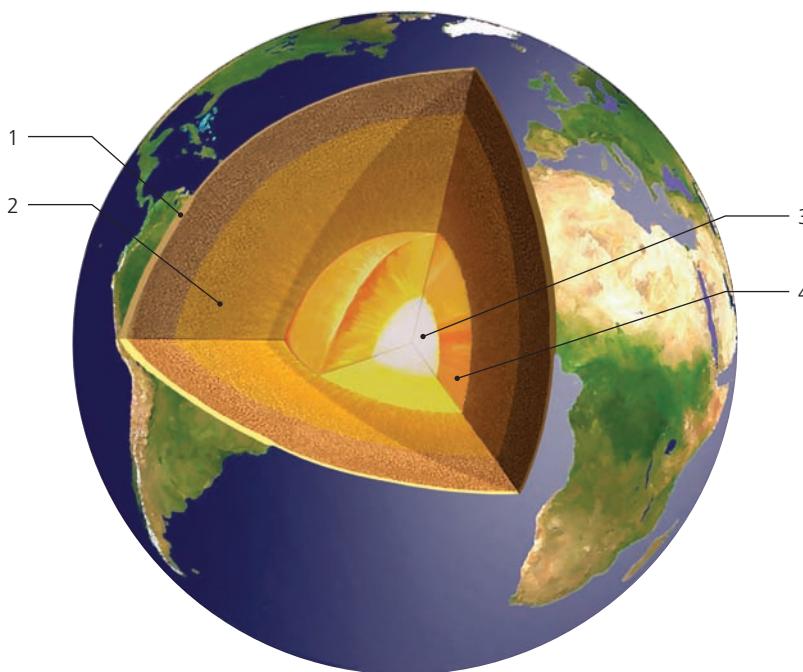
- o **modelo geoquímico**, que se baseia na composição química das várias camadas da Terra e a divide em **crosta**, **manto** e **núcleo**;
- o **modelo geofísico**, que se baseia nas propriedades físicas e no comportamento das diversas camadas da Terra e a divide em **litosfera**, **astenosfera**, **mesosfera** e **endosfera**.



## AVALIA CONHECIMENTOS

**1** Observa a figura seguinte com atenção e responde às questões.

**1.1** Faz a legenda da figura.



**1.2** Classifica como verdadeiras (V) ou falsas (F) as afirmações seguintes.

- A — A camada 1 é constituída totalmente por rochas graníticas.
- B — As camadas 3 e 4 são constituídas principalmente por ferro.
- C — A camada 2 é a que apresenta a maior percentagem do volume da Terra.
- D — A camada 1 tem uma porção continental e uma porção oceânica.
- E — A astenosfera localiza-se na camada 1.

**2** Faz a correspondência entre as duas colunas.

COLUNA I

- A — Astenosfera
- B — Crosta
- C — Litosfera
- D — Manto
- E — Núcleo interno
- F — Núcleo externo

COLUNA II

- I. Camada que é mais espessa na zona dos continentes do que nos oceanos.
- II. Camada metálica no estado líquido.
- III. Camada viscosa.
- IV. Camada sólida que compreende a crosta e parte do manto.
- V. Camada mais interna.
- VI. Camada que ocupa a maior parte do volume terrestre.

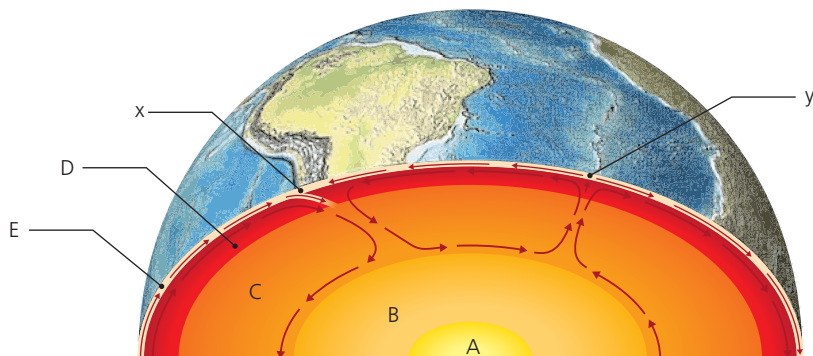
**3** Classifica como verdadeiras (V) ou falsas (F) as afirmações seguintes.

- A — No modelo químico da estrutura da Terra existem três camadas: crosta, manto e núcleo.
- B — A crosta é uma camada de espessura uniforme.
- C — O manto é constituído por rochas siliciosas, ricas em ferro e magnésio.
- D — A zona de consistência viscosa que se situa no manto é designada por astenosfera.
- E — A litosfera está totalmente incluída na crosta terrestre.
- F — O núcleo é constituído por uma zona externa e uma zona interna com composição química muito diferente.



# RELACIONA CONHECIMENTOS

- 1** Observa a figura e responde às questões.



- 1.1** Estabelece a correspondência correta entre as letras da figura e os termos seguintes.
- 1 — Endosfera externa
  - 2 — Astenosfera
  - 3 — Manto
  - 4 — Crosta
  - 5 — Endosfera interna
- 1.2** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.  
O(s) termo(s) [...] refere(m)-se ao modelo da composição química e o(s) termo(s) [...] ao modelo das propriedades físicas.
- A — endosfera [...] astenosfera
  - B — manto e astenosfera [...] crosta e endosfera
  - C — crosta e manto [...] endosfera e astenosfera
  - D — crosta e astenosfera [...] manto e endosfera
- 1.3** Na região y da figura, a ascensão constante de lava pobre em gases é responsável por uma intensa atividade vulcânica. Diz se é verdadeiro (V) ou falso (F) afirmar que nestes locais...
- A — ... se formam rochas magmáticas plutônicas.
  - B — ... o magma origina lava fluida que dá origem a basalto.
  - C — ... a atividade vulcânica é explosiva.
  - D — ... as rochas magmáticas que se formam possuem textura agranular.
  - E — ... se formam cones vulcânicos.
- 1.4** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.  
Um sismo é gerado no [...], libertando uma quantidade de energia designada por [...]; o local à superfície onde é primeiro sentido é o [...].
- A — epicentro [...] magnitude [...] hipocentro
  - B — epicentro [...] intensidade [...] hipocentro
  - C — hipocentro [...] intensidade [...] epicentro
  - D — hipocentro [...] magnitude [...] epicentro
- 1.5** Seleciona a opção que completa corretamente a afirmação.  
No local x da figura, formam-se com frequência rochas metamórficas, o que se fica a dever ao facto de o material sujeito à subducção...
- A — ... sofrer um aumento de temperatura e de pressão progressivo.
  - B — ... se fundir.
  - C — ... sofrer aumento de pressão, não acompanhado de um aumento de temperatura.
  - D — ... sofrer aumento de temperatura, não acompanhado de um aumento de pressão.

# A TERRA CONTA A SUA HISTÓRIA



«Quando se veem aquelas camadas de material geológico continuamente sobrepostas, é difícil ter a perceção do que se está a ver. Aquelas camadas são como que um bocadinho do livro da história da Terra. Representam a maneira como a rocha se forma, o clima naquele tempo; os fósseis que lá estão dentro indicam a idade das rochas, em que ambiente viveram, etc. Podemos então, através das rochas, fazer a reconstituição da história da Terra, aquilo que corresponde, rudimentarmente, a uma viagem no tempo.»

Professor Doutor Miguel Magalhães Ramalho, geólogo (adaptado)

## No fim deste bloco deverás ser capaz de:

- Definir paleontologia.
- Definir fóssil.
- Explicar os diversos processos de fossilização.
- Relacionar a formação de fósseis com as condições físicas, químicas e biológicas dos respetivos ambientes.
- Ordenar acontecimentos relativos a processos de fossilização.
- Caracterizar os grandes grupos de fósseis.
- Explicar o contributo do estudo dos fósseis para a reconstituição da história da vida na Terra.
- Sistematizar informação sobre o conceito de tempo.
- Distinguir tempo histórico de tempo geológico.
- Explicar o conceito de datação relativa com base nos princípios do raciocínio geológico.





Pegada de Megalosaurus, Cabo Mondego.  
Museu Geológico de Lisboa.

- Distinguir datação relativa de datação radiométrica.
- Localizar o aparecimento e a extinção dos principais grupos de seres vivos na tabela cronostratigráfica.
- Caracterizar ambientes geológicos passados.

#### VISITA DE ESTUDO A UM MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL

No nosso país, podem visitar-se vários museus de história natural. Podes encontrá-los no Porto (Museu de História Natural, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto), em Coimbra (Museu Mineralógico e Geológico, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra), em Sintra (Museu de História Natural), em Lisboa (Museu de História Natural, Universidade de Lisboa, e Museu Geológico), na Lourinhã (Museu da Lourinhã) e no geoparque de Arouca.



## ■ Introdução

Reconstruir a história do nosso planeta não é tarefa fácil. A somar à sua longa idade, estimada em aproximadamente 4600 milhões de anos, acresce o facto de não ser possível recorrer a fotografias dessas épocas, à recolha de testemunhos vivos ou ao contacto direto com os fenómenos.

Será tal tarefa impossível?

Ao longo do tempo, os geólogos, em geral, e os paleontólogos, em particular, têm tentado desvendar o passado do Planeta. Estudar as rochas, compreender a relação entre elas, tentar atribuir-lhes uma idade e interpretar o registo fóssil **1** são investigações que têm permitido aproximar o ser humano dessa história fascinante — a história da Terra.

Considera-se que a Terra se formou há cerca de **4600 milhões de anos**, sendo a reconstituição da sua história feita a partir da análise do registo geológico, ou seja, dos **diferentes tipos de rochas que constituem a litosfera, das inter-relações** que se estabelecem entre si e do registo fóssil. Este último permite **reconstruir a história da vida na Terra**.

O registo fóssil abundante e diversificado corresponde apenas aos últimos 500 milhões de anos, ou seja, apenas 1/9 da história da Terra.

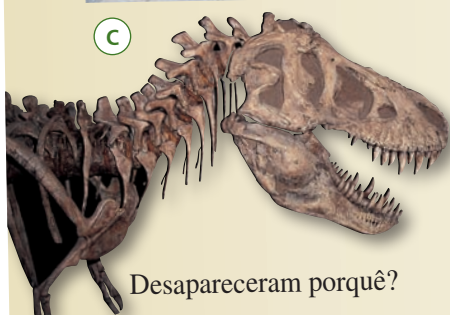


**1** Sequência de rochas sedimentares [A] e registo fóssil [B].

A história da Terra é difícil de contar. É uma história muito longa, com algumas lacunas e registo incompleto. Para a contar, os cientistas recorrem ao estudo das rochas, dos fósseis e da dinâmica da Terra.

## ■ As tuas perguntas...

Qual é a idade da Terra?



Desapareceram porquê?

Quando surgiu  
a vida na Terra?

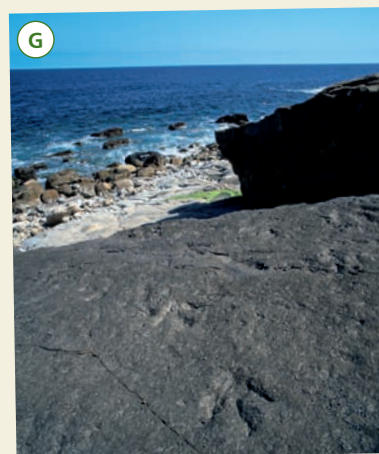


Todas as espécies evoluíram?



Qual é o contributo destes  
cientistas para a reconstrução  
da história da vida na Terra?

Como reconstruir  
a história da Terra...  
e a história da vida  
na Terra?



O que são fósseis?

(Questões elaboradas por alunos do 7.º ano.)

## ■ Será que sabes?

Classifica as afirmações seguintes como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. Os fósseis são sempre vestígios de animais.
- II. Os primeiros seres vivos eram mais simples do que os seres atuais.
- III. Houve tempos em que os homens e os dinossauros se encontraram na Terra.
- IV. Os fósseis são sempre vestígios de seres vivos que já se extinguíram.
- V. Na atualidade, é possível encontrar fósseis de animais marinhos no cimo de uma montanha.
- VI. A Terra tem aproximadamente 5000 anos.
- VII. É possível saber, com alguma precisão, a idade de todas as rochas.
- VIII. O estudo dos fósseis ajuda a reconstruir toda a história da Terra.



# Os fósseis e a reconstituição da história da Terra

## 11.1

## A Paleontologia e os fósseis

**Fóssil** — *fossil*  
**Paleontologia** — *paleontology*

Os **fósseis** são vestígios de organismos do passado, geralmente conservados nas rochas sedimentares **1**. Estes vestígios podem ser **restos**, a **totalidade do corpo do ser vivo** ou **vestígios da sua atividade**.

Os registos de locomoção, como as pegadas, de alimentação, como as dentadas, ou de reprodução, como os ovos, são exemplos de vestígios da atividade dos seres vivos.

O estudo dos fósseis **2** é o campo de ação da **Paleontologia**, ciência natural cujo principal objetivo é estudar a vida no passado da Terra e a forma como a mesma se conservou no registo geológico.



**1** Fóssil de peixe [A] e pegada de dinossauro [B].



**2** O trabalho do paleontólogo desenvolve-se no campo [A] e continua no laboratório [B]. Instrumentos necessários ao trabalho do paleontólogo [C].



## ■ Interpretação do registo fóssil ao longo do tempo

A observação de fósseis em rochas foi, durante muitos séculos, motivo de especulações, tendo dado origem a diferentes e variadas interpretações. Estas refletiam as concepções de cada época, em que se misturavam a observação e as crenças religiosas.

O primeiro geólogo a descrever os fósseis como restos antigos de seres vivos **3** foi o dinamarquês **Nicolau Steno**, no século XVII, que contribuiu de forma significativa para uma mudança brusca do pensamento científico.

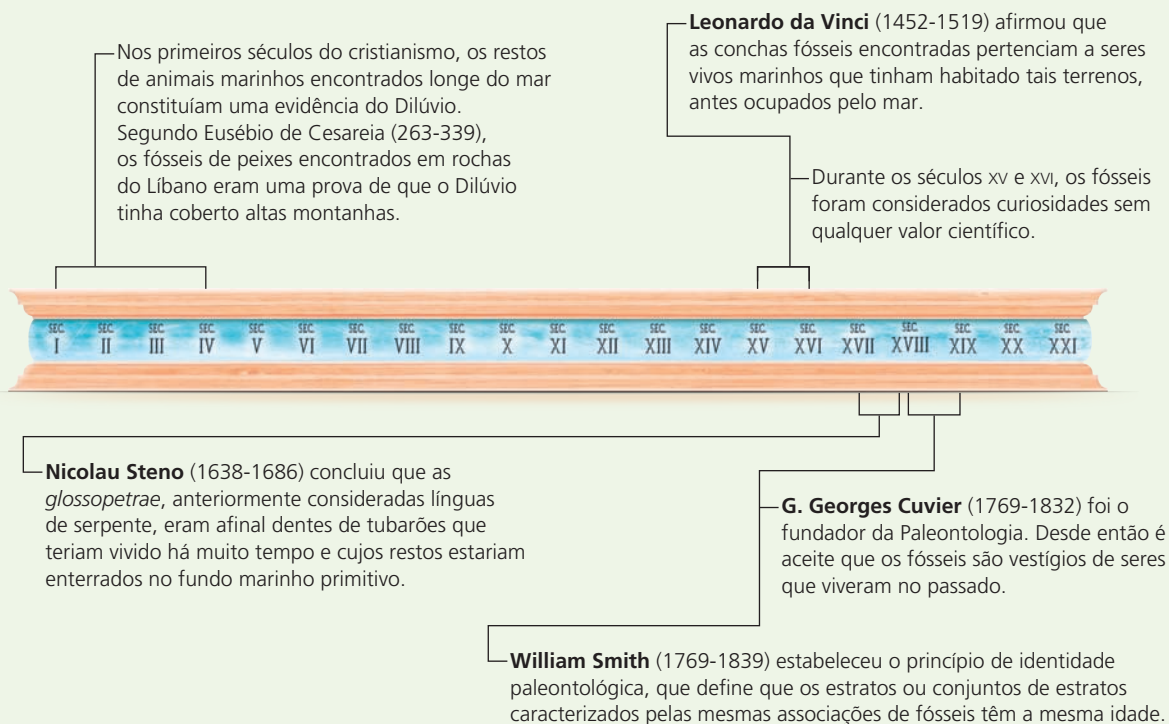
A Paleontologia foi assumindo uma importância crescente, e foi **Cuvier**, considerado o **fundador da Paleontologia** moderna (século XVIII), quem afirmou que os **fósseis são vestígios de seres vivos que viveram no passado**.



**3** Cabeça de tubarão branco e as *glossopetrae* («Línguas de pedra»), identificadas por Steno, 1667, como dentes fossilizados de tubarão.

### ATIVIDADES

- 1 O que é um fóssil?
- 2 Será provável encontrar fósseis em rochas vulcânicas (que resultam da solidificação da lava)? Justifica a tua resposta.
- 3 Lê os textos seguintes e responde às questões.



- 3.1 Com base no friso apresentado, refere de que forma terá evoluído a interpretação dos fósseis.
- 3.2 Leonardo da Vinci viveu numa época em que se acreditava que o Dilúvio estava na origem dos fósseis. Como pensas que terão sido recebidas as suas ideias?
- 3.3 Apesar de terem sido ridicularizadas na altura, as ideias de Nicolau Steno são hoje de grande importância para a Geologia moderna. Por que razão os novos conhecimentos nem sempre são devidamente valorizados?

## 11.2 A fossilização

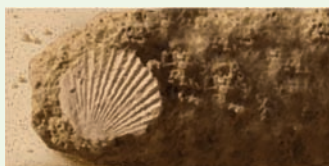
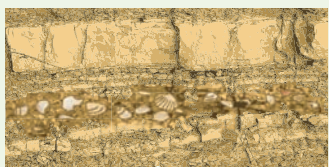
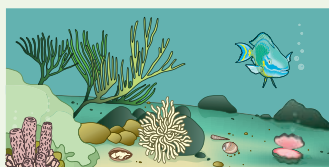
Fossilização — fossilization

Apesar da importância dos fósseis na reconstrução da história da Terra, os fósseis mais antigos, de que se tem conhecimento, têm cerca de **3500 milhões de anos**, o que deixa uma lacuna inicial de cerca de 1100 milhões de anos de história da Terra por contar. Por outro lado, a **vida abundante** e diversificada ter-se-á desenvolvido nos **últimos 500 milhões de anos** e nem todos os organismos terão tido a mesma facilidade em deixar vestígios: os **organismos com partes duras** — esqueletos ou carapaças — terão deixado **vestígios** com mais facilidade.

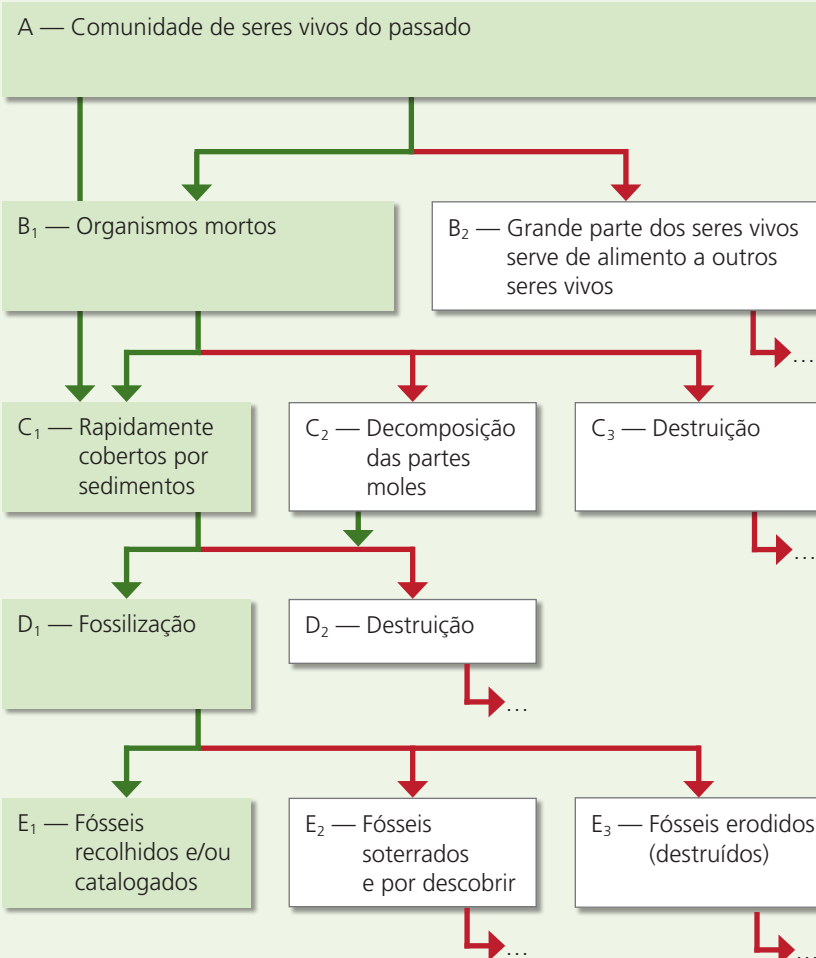
De salientar ainda que a **fossilização** de um organismo (transformação em fóssil) é geralmente um **processo lento e complexo**, estimando-se que apenas uma pequena parte dos seres vivos fossilize.

### ATIVIDADES

- 1 Observa o esquema da figura e responde às questões que se seguem.



Museu de História Natural



- 1.1 Indica fenómenos que podem ocorrer após a morte dos seres vivos.
- 1.2 Justifica a afirmação: Apenas se conhece uma pequena parte dos fósseis formados durante a história da Terra.
- 1.3 Identifica situações que facilitem a fossilização dos organismos, impedindo os outros destinos possíveis após a sua morte.

## ■ Processos de fossilização

A formação dos fósseis tem ocorrido ao longo da história da Terra e é um **processo muito demorado**. Habitualmente, a seguir à morte do ser vivo, o organismo entra em decomposição devido à ação de microrganismos, de pequenos invertebrados ou de necrófagos.

**Mineralização** — petrification

**Moldagem** — cast

**Conservação** — preservation

No entanto, alguns fatores, como, por exemplo, as **temperaturas baixas**, a **falta de oxigénio** ou, ainda, o **soterramento rápido** com sedimentos finos, impedem ou **dificultam a decomposição**. Os sedimentos impedem o acesso dos animais necrófagos aos restos orgânicos e diminuem o contacto com o oxigénio, o que, em conjunto com a diminuição da temperatura, dificulta a proliferação dos decompositores e pode levar, em situações muito excecionais, à preservação do organismo na totalidade. No entanto, quase sempre ocorre decomposição das partes moles, tendo as partes duras, como o esqueleto, interno ou externo, muito maior probabilidade de fossilizar.

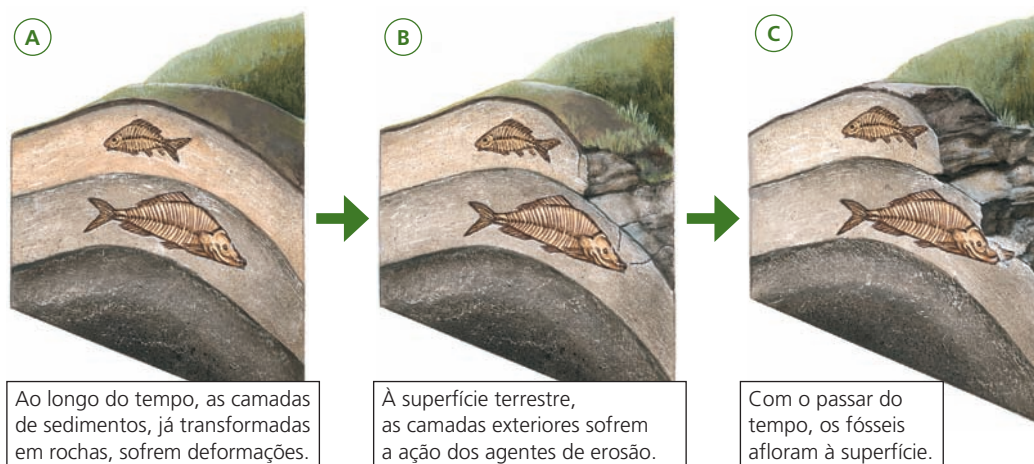
A fossilização pode ocorrer por vários processos, sendo os principais a **mineralização**, a **moldagem** e a **conservação**.

### ■ A fossilização por mineralização

A mineralização é um processo de fossilização em que **existe substituição (lenta) dos componentes orgânicos por minerais** 4 e 5.



4 Etapas da mineralização de um peixe.



5 Sequência de acontecimentos que leva à exposição dos fósseis à superfície terrestre.



**Molde interno** — *internal mold*  
**Molde externo** — *external mold*

Neste processo de fossilização, os fósseis mais comuns são os que apresentam apenas as partes duras dos organismos [6], [7] e [8]. Menos frequentemente, pode ocorrer a fossilização de todo o organismo.



[6] Dente de tubarão mineralizado [A]; esqueleto de peixe fossilizado [B].



[7] Trilobite mineralizada.



[8] Tronco de árvore fossilizado.

### ■ A fossilização por moldagem

Na fossilização por **moldagem**, o registro obtido consiste na **reprodução da morfologia do ser vivo**, ou de parte deste, pelos sedimentos consolidados que o envolveram ou preencheram [9].

Se o fóssil reproduz a morfologia interna do organismo, é designado por **molde interno** [10].

Se o fóssil reproduz a morfologia externa, é classificado como **molde externo** [11].



[9] Molde de gastrópode.



[10] Molde interno de gastrópode.



[11] Molde externo e interno de trilobite.

### ■ A fossilização por conservação

Na fossilização por **conservação**, embora muito raramente, os tecidos e órgãos dos organismos podem ser **preservados parcialmente ou na totalidade**, o que permite aos paleontólogos fazerem a reconstituição fiel das espécies [12]. Ocorre em situações ambientais específicas, como os locais de gelo permanente [13].

A conservação também pode ocorrer em resina, que, ao escorrer das árvores coníferas (como os pinheiros), aprisiona insetos ou outros seres vivos que podem ficar preservados na totalidade, incluindo os órgãos internos [14]. Após algum tempo, a resina fossiliza e transforma-se em **âmbar**.

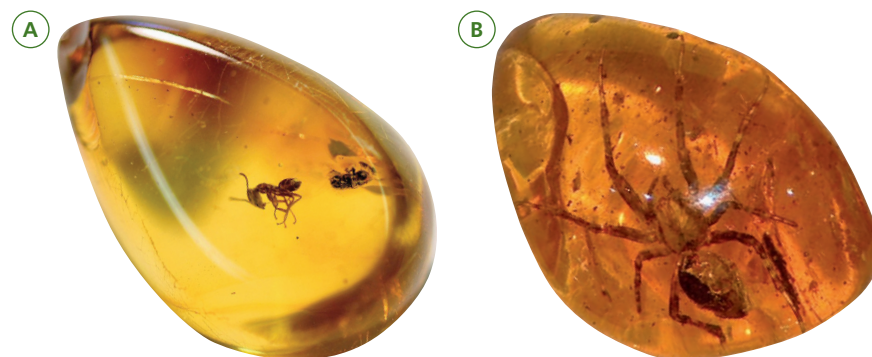
Podem ainda encontrar-se seres conservados em asfalto — substância de origem orgânica, que também mantém os organismos completamente preservados.



[12] Reconstituição de mamute adulto.



[13] Mamute bebê conservado pelo gelo, Sibéria.



[14] Insetos [A] e aranha [B] conservados em âmbar.

### ATIVIDADES

- 1 Por que razão os fósseis de seres vivos com partes duras são mais frequentes?
- 2 Indica situações e ambientes, na Terra atual, que reúnam condições favoráveis à fossilização.
- 3 O que distingue o processo de mineralização do de conservação?
- 4 Pesquisa na Internet ou em bibliografia a existência de outros processos de fossilização. Caracteriza-os.



## ■ As marcas e os vestígios de atividades dos seres vivos

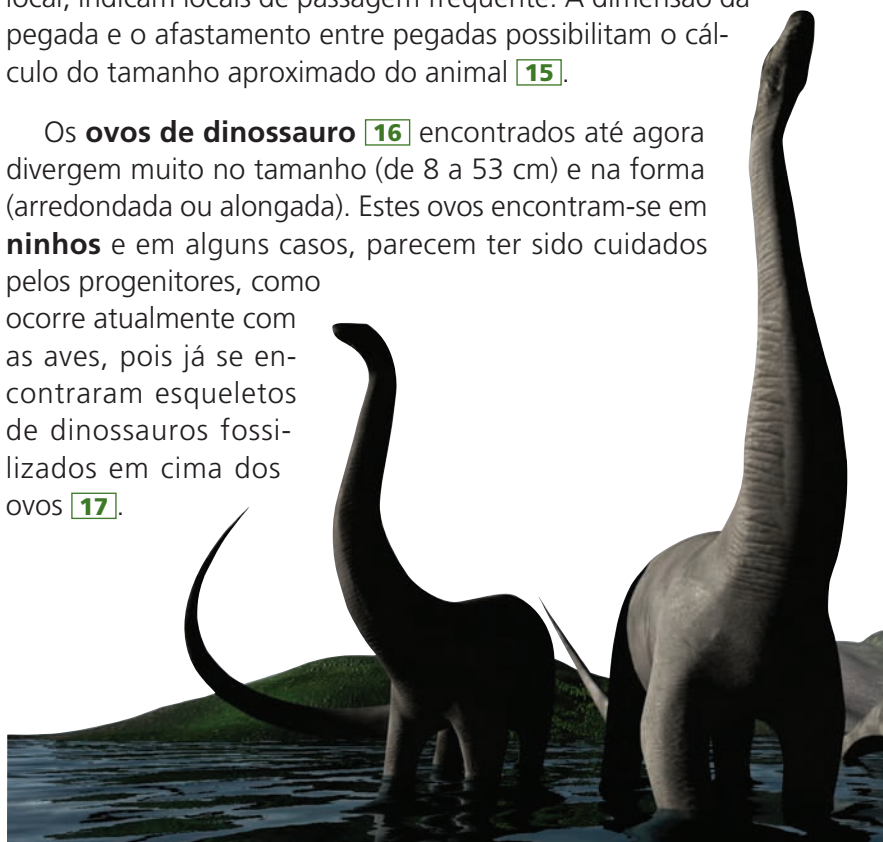
Os **vestígios da atividade dos seres vivos**, como trilhos, pegadas, ninhos e coprólitos (fezes fossilizadas), também podem sofrer fossilização. Estes fósseis são conhecidos por **ícnofósseis**.

As **pegadas** e os **trilhos** permitem determinar se a espécie era bípede ou quadrúpede e, quando muito abundantes num determinado local, indicam locais de passagem frequente. A dimensão da pegada e o afastamento entre pegadas possibilitam o cálculo do tamanho aproximado do animal **[15]**.

Os **ovos de dinossauro** **[16]** encontrados até agora divergem muito no tamanho (de 8 a 53 cm) e na forma (arredondada ou alongada). Estes ovos encontram-se em **ninhos** e em alguns casos, parecem ter sido cuidados pelos progenitores, como ocorre atualmente com as aves, pois já se encontraram esqueletos de dinossauros fossilizados em cima dos ovos **[17]**.

### SABIAS QUE...

... nos dinossauros saurópodes, o tamanho dos membros posteriores dos animais é quatro vezes o comprimento da pegada?



**[15]** Reconstituição de dinossauro saurópode, animal quadrúpede herbívoro.



**[16]** Ovos de dinossauro.



**[17]** Ninho de dinossauro (*Oviraptor* sp.). A progenitora fossilizou no ninho juntamente com os ovos.



Nos **coprólitos** **18** podem observar-se os restos dos alimentos ingeridos pelos animais que os produziram; por isso, são considerados bons indicadores dos hábitos alimentares.



**18** Coprólitos de várias espécies.

## ATIVIDADES

**1** Observa as imagens seguintes.



**1.1** Identifica os tipos de fossilização que deram origem a cada um dos fósseis representados.

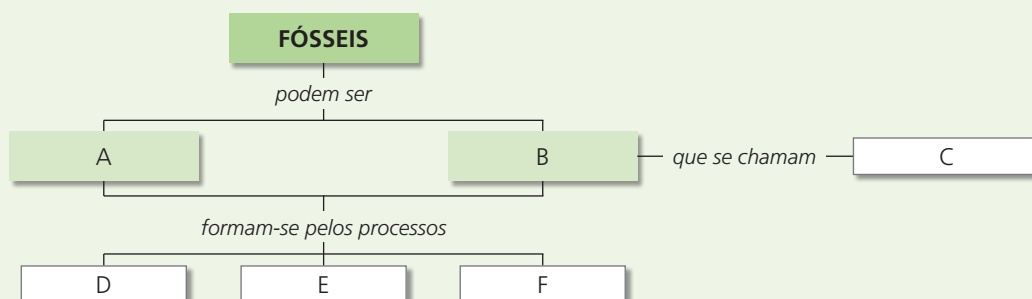
**1.2** Refere as condições ideais para a fossilização dos organismos.

**2** Por que razão os icnofósseis são importantes?

**2.1** Que tipo de informações se pode obter a partir do estudo de um trilho de pegadas?

**2.2** Que informações se obtêm a partir da análise dos coprólitos?

**3** No teu caderno, completa o esquema seguinte.





## TRABALHO PRÁTICO

### Fósseis. Será possível simular a sua formação?

#### Material

- Conchas de bivalves
- Peças de fruta (uvas ou cerejas)
- Óleo
- Água
- Gesso
- Copos de plástico
- Modelos variados de dinossauro
- Plasticina (vermelha e verde)

#### Procedimento

##### Trabalho A

1. Prepara o gesso com a ajuda do teu professor.
2. Espalha-o sobre um tabuleiro metálico e espera que seque um pouco.
3. Com um dinossauro, imprime no gesso as suas pegadas, fazendo um trilho ao longo do tabuleiro. Podes repetir com outro dinossauro.
4. Deixa secar completamente e retira o gesso do tabuleiro.



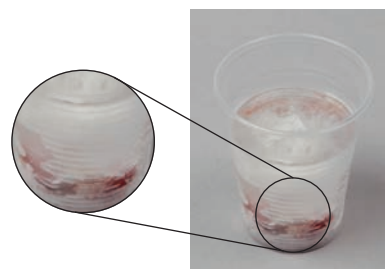
##### Trabalho B

1. Molda a plasticina vermelha, de forma a formares um cilindro.
2. Pincela, com óleo, a parte exterior da concha.
3. Pressiona firmemente a concha sobre a plasticina.
4. Retira a concha com cuidado.
5. Pincela, com óleo, a parte interior da concha.
6. Com a plasticina verde, preenche por completo a parte interior da concha.
7. Retira a plasticina com cuidado.



##### Trabalho C

1. Coloca duas peças de fruta num copo de plástico e enche-o com água até a fruta ficar coberta. Guarda o copo no congelador.
2. Com outro copo e com duas peças de fruta iguais, repete o procedimento anterior, mas coloca o copo sobre uma bancada do laboratório.
3. Observa, de dois em dois dias, as alterações que ocorrem nas peças de fruta e regista-as numa tabela.



#### Resultados

Analisa os resultados obtidos:

- Trilho de pegadas do(s) dinossauro(s) no gesso.
- Moldes de plasticina.
- Copos com material biológico.
- Tabela de registo.

#### Discussão

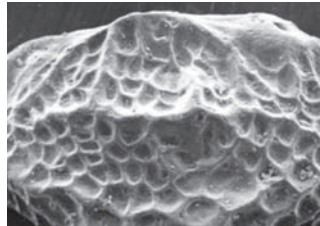
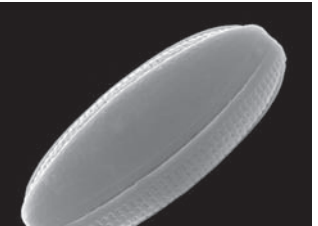
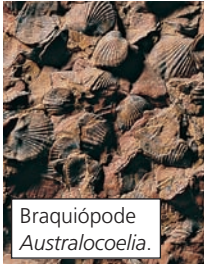
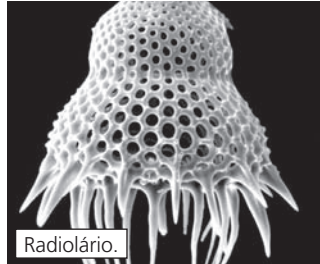
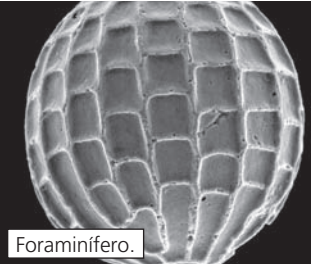
1. Que tipo de molde formaste na plasticina vermelha?
2. Que tipo de molde formaste na plasticina verde?
3. Qual te parece ser a utilidade dos trilhos de dinossauros encontrados em muitos locais da Terra?
4. Compara os resultados obtidos nos dois copos, referindo as semelhanças e as diferenças encontradas.
  - 4.1 Explica as diferenças que encontraste na comparação.
5. Identifica os processos de fossilização que simulaste nos trabalhos efetuados.

#### Conclusões

1. Responde à questão que serve de título à atividade.
2. Compara os processos simulados com os que ocorrem na Natureza.

## 11.3 Os grandes grupos de fósseis

Os fósseis podem ser estudados e agrupados de acordo com o seu tamanho, habitat, grupo a que pertencem ou idade. Os fósseis que se encontram com maior facilidade são os **macrofósseis**, pois são visíveis a olho nu. No entanto, existem outros fósseis que só são visíveis à lupa ou ao microscópio, denominados **microfósseis**.

| GRANDES GRUPOS DE FÓSSEIS                                                          |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Macrofósseis                                                                       |                                                                                    |                                                                                    | Microfósseis                                                                        |                                                                                      |  |
|   |   |   |   |   |  |
| Gastrópode.                                                                        | Carapaça de ouriço-do-mar.                                                         | Dente de tubarão.                                                                  | Ostrácode.                                                                          | Diatomácea.                                                                          |  |
|  |  |  |  |  |  |
| Braquiópode <i>Australocoelia</i> .                                                | Coral.                                                                             | Planta fossilizada.                                                                | Radiolário.                                                                         | Foraminífero.                                                                        |  |



### TRABALHO PRÁTICO

#### Como se caracterizam alguns grupos de macrofósseis?

##### Material

- Amostras de vários fósseis (bivalves, corais, amonites, trilobites, gastrópodes, ouriços-do-mar, ...)
- Lupas de mão
- Lupas binoculares
- Quadro-resumo de identificação dos principais grupos de fósseis (página seguinte)

##### Procedimento

1. Observa as amostras fornecidas e compara-as com o quadro-resumo de identificação dos principais grupos de fósseis.
2. Com a ajuda do quadro-resumo de identificação dos principais grupos de fósseis:
  - a) agrupa as amostras de fósseis pelos principais grupos que constam no quadro;
  - b) identifica um dos fósseis fornecidos.
3. Faz o esquema do fóssil que identificaste, anotando as principais características observadas.

##### Resultados

Esquema legendado do fóssil.

##### Conclusão

Responde à questão que serve de título à atividade.



## PRINCIPAIS GRUPOS DE FÓSSEIS

| Fósseis                                                                                              | Características                                                                                                                                                                     | Fósseis                                                                                                      | Características                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Graptólitos.     | Organismos extintos, marinhos, coloniais, que podiam ser livres ou fixos ao fundo.                                                                                                  | <br>Gastrópodes.           | A maioria tem o corpo protegido por concha enrolada em hélice e não compartimentada. Vivem em ambientes aquáticos e terrestres.           |
| <br>Trilobites.      | Artrópodes característicos do paleozoico. Corpo com carapaça, dividido em três lobos.                                                                                               | <br>Bivalves.              | Moluscos marinhos, com concha carbonatada formada por duas valvas semelhantes, geralmente dispostas lado a lado.                          |
| <br>Ouriços-do-mar. | Concha rígida, esférica ou achatada, formada por placas finas. Em alguns as placas têm espinhos articulados para defesa e locomoção. Viviam sobre os fundos marinhos ou enterrados. | <br>Braquiópodes.         | Animais que vivem fixos ao fundo marinho através de um pedúnculo. Corpo mole dentro de concha calcária formada por duas valvas desiguais. |
| <br>Corais.        | Esqueletos calcários de animais coloniais que vivem em meio marinho e podem formar recifes.                                                                                         | <br>Dentes de tubarão.   | Dentes de um peixe do grupo dos tubarões, com esqueleto formado por cartilagens, difíceis de fossilizar.                                  |
| <br>Belemnites.    | Eram cefalópodes carnívoros que tinham um corpo mole a rodear uma concha interna. Viviam nos mares e eram muito semelhantes às lulas atuais.                                        | <br>Mamífero mastodonte. | Maxilar com dentes de um grande mamífero da família dos mastodontes.                                                                      |
| <br>Amonites.      | Moluscos cefalópodes extintos característicos do Mesozoico. Viviam em meio marinho dentro de uma concha calcária enrolada em espiral.                                               | <br>Plantas.             | Impressões de folhas e caules de fetos.                                                                                                   |

(adaptado de [http://www.lneg.pt/download/2783/poster\\_fosseis.pdf](http://www.lneg.pt/download/2783/poster_fosseis.pdf))

## 11.4 O que dizem os fósseis

Os fósseis podem dar-nos informações de grande importância. São os fósseis que tornam possível:

- a **reconstituição dos ambientes antigos** — **paleoambientes**;
- a **datação relativa** dos **estratos** rochosos;
- a **reconstituição dos organismos** de uma dada época, do seu modo de vida, da forma como interagiam entre si e com o ambiente onde viviam;
- a compreensão da **evolução dos seres vivos**;
- o conhecimento das **especiações** (formação de novas espécies), **adaptações** e **extinções** ao longo da história da Terra.

**Paleoambiente** — *paleoenvironment*

**Datação relativa** — *relative age*

**Estrato** — *stratum*

### ATIVIDADES

- 1 Observa as imagens, lê as respetivas informações e responde às questões.

|                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>A</p>   | <p>Os corais recifais formam-se em águas com temperaturas superiores a 22 °C e com baixa profundidade (menos de 30 m). Existem desde o Pré-Câmbrio.</p>                                                                  |
| <p>B</p>  | <p>As amonites eram animais marinhos que viviam dentro de uma concha carbonatada que podia atingir um metro de diâmetro. São fósseis característicos do Mesozoico.</p>                                                   |
| <p>C</p>  | <p>Fóssil de crânio de <i>Tiktaalik roseae</i>. Possuía características comuns de peixes, como escamas e barbatanas, e de criaturas terrestres, como cabeça achatada, indício de pescoço, ombros, cotovelos e pulso.</p> |

- 1.1 Foram encontrados fósseis de amonites idênticos aos da imagem B na Argentina. Qual será a idade das rochas onde esses fósseis foram encontrados?
- 1.2 Em Sesimbra foram encontrados fósseis de corais idênticos aos da imagem A. Em que ambiente se terá originado a rocha onde se encontraram os fósseis?
- 1.3 O fóssil de *Tiktaalik roseae* é de um ser com características de peixe e de anfíbio. Por que razão este fóssil pode ser considerado uma prova importante da evolução dos seres vivos?



**Fóssil de ambiente** — *paleo-environmental indicator fossil*

**Fóssil de idade** — *index fossil*

## ■ Informações sobre os paleoambientes

Alguns fósseis podem dar-nos muitas informações importantes sobre os ambientes de tempos passados — **paleoambientes**.

Por exemplo, os corais são animais que, ainda hoje, formam recifes em locais de águas quentes e pouco profundas. Quando se encontram corais fósseis [19], pode afirmar-se que no local de formação da rocha que os contém o ambiente seria marinho, com pouca profundidade e de temperatura elevada.

Estes fósseis são considerados **fósseis de ambiente** ou **fósseis de fácies**, porque viveram em ambientes com características muito específicas e, por isso, permitem reconstituir a história ambiental do passado.

### SABIAS QUE...

... os corais, tal como as árvores, têm uma taxa de crescimento anual que se traduz em anéis de crescimento? Através da contagem e estudo desses anéis, os cientistas podem conhecer a idade e algumas características do meio em que esses corais viveram.



Grande Barreira de Coral da costa australiana.

(A)



(B)



[19] Fósseis de corais.

## ■ Informações acerca da idade das rochas

Os fósseis que permitem datar as rochas em que se encontram são de **espécies que existiram durante um curto período da história da Terra** e que tiveram uma **ampla distribuição geográfica**, sendo conhecidos como **fósseis de idade**. As trilobites são fósseis característicos do Paleozoico e as amonites são fósseis característicos do Mesozoico [20].

(A)



(B)



(C)



[20] As trilobites (animais marinhos com exosqueleto) [A] e os graptólitos (animais marinhos de corpo mole que possuíam exosqueleto tubular) [B] viveram no Paleozoico. As amonites [C] eram animais marinhos de corpo mole e exosqueleto em espiral que viveram apenas no Mesozoico.



## ■ Informações sobre a evolução dos seres vivos

Os fósseis são evidências de seres vivos que existiram no passado e que são, na sua maioria, diferentes dos seres vivos atuais, pelo que nos permitem **compreender como têm evoluído as espécies** até chegarem às formas mais recentes.

Os fósseis que apresentam características de seres vivos pertencentes a diferentes grupos sugerem que os seres vivos terão evoluído progressivamente uns a partir dos outros [21].

Na atualidade, existem algumas espécies de seres vivos muito semelhantes a organismos do passado. São espécies **que não se extinguiram e que se modificaram muito pouco ao longo de milhões de anos**, como é o caso do celacanto [22], peixe que apareceu há cerca de 400 milhões de anos, e das plantas do género *Ginkgo*, que existem na Terra há aproximadamente 270 milhões de anos.



[21] Fóssil do *Archaeopteryx*, que apresentava características de ave e de réptil.



[22] Fóssil de celacanto [A] e celacanto atual do género *Latimeria* [B].

### ATIVIDADES

- 1 Lê o texto e responde às questões.

O paleontólogo português Octávio Mateus foi o responsável pela descoberta do primeiro fóssil de dinossauro em Angola. O saurópode foi batizado com o nome de *Angolatitan adamastor*.

A espécie encontrada viveu há mais de 90 milhões de anos na África Subariana. Conhecido pelo porte físico imponente, chegando a medir mais de 13 metros de comprimento, este gigante herbívoro foi encontrado ao lado de dentes de peixes e tubarões, no que seria o leito de um mar, levando a crer que o animal terá sido arrastado para as águas e dilacerado por tubarões primitivos.

«Para nós esta descoberta é surpreendente, pois pensávamos que este tipo de dinossauro já estava extinto naquela época», diz Octávio Mateus. «Além disso, mostra que ainda há muito por descobrir em África», sublinha o paleontólogo da Universidade Nova de Lisboa e do Museu da Lourinhã.

Embora herbívoro, o *Angolatitan* evoluiu, adaptando-se às condições áridas ou semidesérticas. Por outras palavras, o *Angolatitan* é uma forma relíquia, só sobrevivendo em Angola naquela altura.

<http://divulgarciencia.com>, [www.jn.pt](http://www.jn.pt) (adaptado)

- 1.1 Refere a importância da descoberta deste fóssil para o conhecimento...
- a) ... da espécie;    b) ... do ambiente em que vivia;    c) ... da evolução dos dinossauros.
- 1.2 Apresenta uma justificação para a seguinte afirmação: «Além disso, mostra que ainda há muito por descobrir em África.»

## Os fósseis e a reconstituição da história da Terra

Os fósseis são vestígios de organismos do passado preservados, principalmente, em rochas sedimentares. É possível encontrar **fósseis** de restos ou da totalidade do corpo do ser vivo ou ainda vestígios da sua atividade, designando-se, neste último caso, por **icnofósseis**.

A fossilização é geralmente um processo raro e demorado, que só ocorre se existirem condições muito específicas.

São boas **condições de fossilização**:

- presença de esqueleto interno ou externo;
- soterramento rápido com sedimentos finos;
- baixa temperatura;
- baixo teor em oxigênio;
- poucos decompositores e necrófagos.

Há vários **processos de fossilização**, por exemplo:

- mineralização;
- moldagem;
- conservação.

Os fósseis podem ser agrupados em **macrofósseis**, visíveis a olho nu, e **microfósseis**, apenas visíveis à lupa ou ao microscópio. Ambos são importantes fontes de informação para a reconstrução da história da Terra.

- As espécies que viveram durante curtos períodos de tempo, mas tiveram uma ampla distribuição geográfica, permitem **datar as rochas** onde se encontram — dão origem a **fósseis de idade**.
- As espécies que tiveram uma distribuição geográfica muito restrita, devido à especificidade das condições ambientais de que necessitavam, permitem **caracterizar os paleoambientes** em que viviam e, por isso, dão origem a **fósseis de fácies ou de ambiente**.
- Outros fósseis permitem **compreender a evolução das espécies**, pois apresentam simultaneamente características de diferentes grupos de seres vivos ou, noutros casos, de espécies muito semelhantes às atuais.

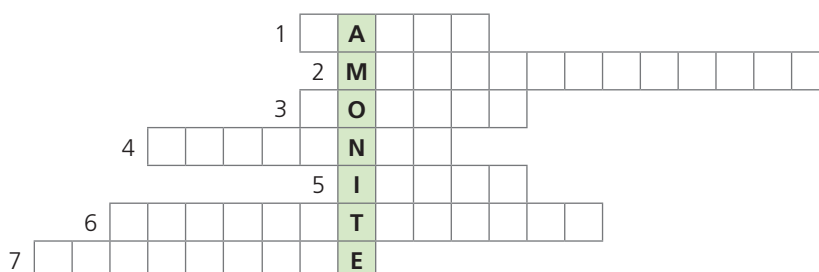


# AVALIA CONHECIMENTOS

- 1** Classifica como verdadeiras (V) ou falsas (F) as afirmações referentes aos fósseis.
- A — Todos os seres vivos têm iguais probabilidades de se transformarem em fósseis.  
 B — As marcas da locomoção de animais gravadas na rocha são fósseis.  
 C — A maior parte dos seres vivos que viveu na Terra não se transformou em fóssil.  
 D — A ciência que estuda os fósseis é a Paleontologia.  
 E — Alguns fósseis permitem datar os estratos rochosos onde se encontram.  
 F — As espécies fósseis que tiveram maior longevidade ajudam a datar as rochas com mais facilidade.  
 G — Quanto mais exigente é o organismo em relação às condições ambientais, maior é o contributo dos seus fósseis na recriação dos ambientes passados.  
 H — Desde a formação da Terra que se formaram fósseis.

- 2** No teu caderno, preenche o crucigrama seguinte, com base nas informações dadas.

1. Registo de uma pegada na rocha.
2. Fossilização por introdução de minerais.
3. Registo de ser vivo preservado na rocha.
4. Diz-se de um fóssil que ajuda a recriar paleoambientes.
5. Diz-se de um fóssil que ajuda a datar as rochas.
6. Ciência que estuda os fósseis.
7. Fóssil característico do Paleozoico.



- 3** Faz corresponder a cada uma das afirmações uma ou mais letras da chave.

CHAVE:

- A — Conservação.  
 B — Mineralização.  
 C — Marcas e/ou vestígio.  
 D — Moldagem.

AFIRMAÇÕES:

- I. Na Pedreira do Galinha, é possível observar trilhos de saurópodes.  
 II. Na Sibéria, foram encontrados mamutes totalmente preservados no gelo.  
 III. Em Vila Velha de Ródão, existem troncos petrificados.  
 IV. O interior da concha de uma amonite pode ser preenchido por sedimentos, que, depois de consolidados, preservam a sua forma.  
 V. Exosqueleto de trilobite constituído por substâncias minerais.

- 4** Seleciona a opção que classifica corretamente os fósseis dos animais referidos a seguir.
- «Os balanídeos são crustáceos que apresentam concha calcária no estado adulto. Fixam-se a rochas do fundo do mar ou a outros substratos. Caracterizam a fácies costeira (zona entremarés) e algumas formas estão adaptadas à vida recifal.»
- A — Fósseis de idade.  
 B — Fósseis de ambiente.  
 C — Icnofósseis.  
 D — Coprólito.



## 12.1 A cronologia dos acontecimentos que marcaram a Terra

**Tempo geológico** — *geologic time*

Durante muito tempo, pensou-se que a Terra era um planeta estático e relativamente recente. Contudo, a partir do século XVI vários foram os cientistas **1** que recolheram evidências de que a Terra é um planeta em constante mutação e de que esses fenômenos só podem ser explicados numa escala de tempo muito maior do que aquela que era considerada até então.

Atualmente, a comunidade científica determina que a **idade da Terra é de aproximadamente 4600 milhões de anos**. Ao longo deste extenso período de tempo, os continentes deslocaram-se, os mares e oceanos redesenharam-se, os climas alteraram-se, a composição da atmosfera sofreu variações, elevaram-se montanhas, os seres vivos apareceram, evoluíram e/ou extinguíram-se. Para reconstruir a história destes acontecimentos, é essencial estabelecer a sua cronologia, pelo que se torna importante atribuir-lhes idades.

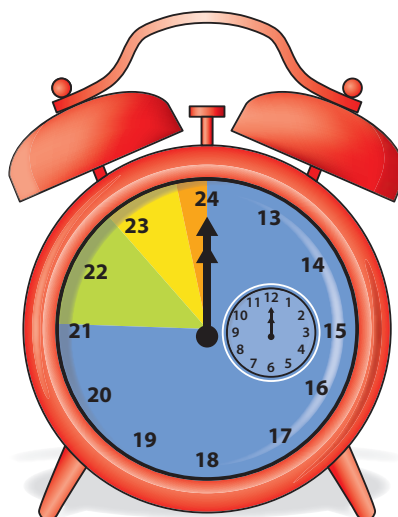


**1** Nicolau Steno (1638-1686) [A], James Hutton (1726-1797) [B] e Charles Lyell (1797-1875) [C] — cientistas que contribuíram para o estudo da Terra.

### Tempo histórico e tempo geológico

No dia a dia, o tempo mede-se em horas, minutos e segundos. Estas unidades são utilizadas no quotidiano das nossas vidas. Contudo, quando queremos reconstituir a história da Humanidade — **tempo histórico** —, recorremos a outras unidades de tempo, como os séculos e os anos.

Em Geologia, o tempo mede-se em milhões de anos (Ma) **2**. O **intervalo de tempo que compreende toda a história da Terra**, desde a sua formação à atualidade, é o **tempo geológico**, que corresponde aos 4,6 mil Ma de idade da Terra.

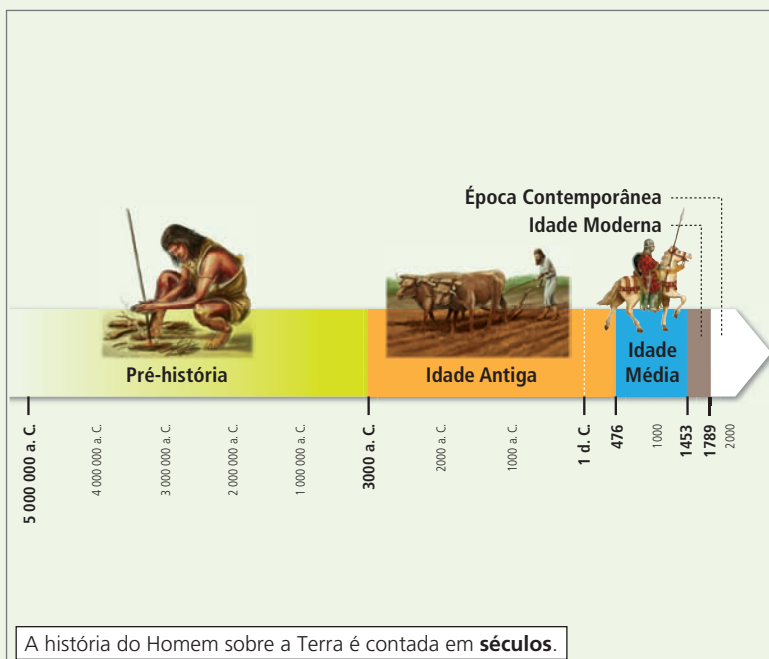
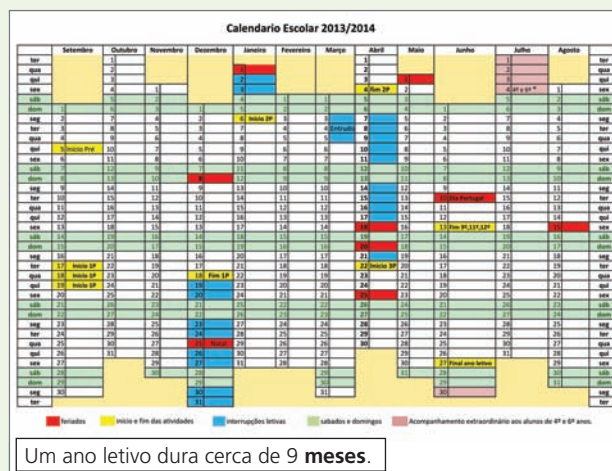
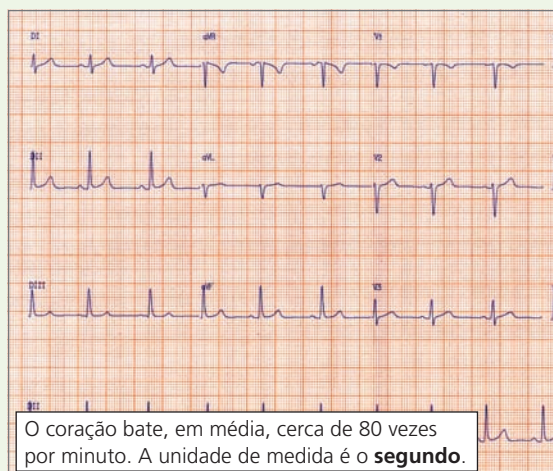


■ Cenozoico  
■ Mesozoico  
■ Paleozoico  
■ Pré-Câmbrico

**2** O tempo geológico comprimido em 24 horas.

## ATIVIDADES

- 1 Observa as figuras e responde às questões.



| Era          | Período     | Ma       |
|--------------|-------------|----------|
| Cenozoico    | Quaternário | 2,6      |
|              | Neogénico   | 23,3     |
|              | Paleogénico | 65,5     |
| Mesozoico    | Cretácico   | 145,5    |
|              | Jurássico   | 199,6    |
|              | Triásico    | 251,0    |
| Paleozoico   | Pérmico     | 299,0    |
|              | Carbónico   | 359,2    |
|              | Devónico    | 416,0    |
|              | Silúrico    | 443,7    |
|              | Ordovício   | 488,3    |
|              | Câmbrico    | 542,0    |
| Pré-Câmbrico |             | 4600-542 |

A história da Terra é contada em **milhões de anos**.

- 1.1 Por que razão se utilizam diferentes unidades de medida para reconstituir a sequência de fenómenos diferentes?
- 1.2 Qual é a diferença entre tempo histórico e tempo geológico?

**Princípio da sobreposição dos estratos** — *principle of superposition*



**3** Idade relativa de três estratos.

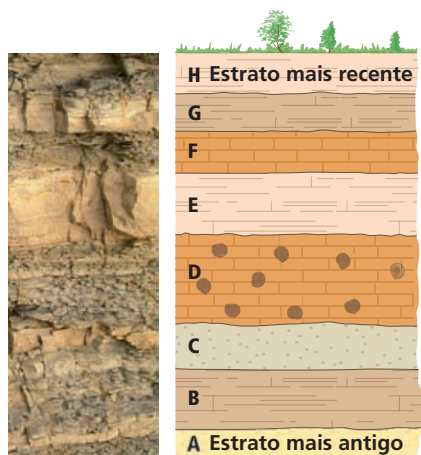
**Datação relativa e datação radiométrica**

Sabemos que as várias transformações que ocorreram durante a longa história da Terra ficaram registadas nas rochas, pelo que, se estudarmos as rochas, podemos ficar a conhecer essas alterações. Uma maneira de estabelecer a idade das rochas é fazê-lo por comparação com outras rochas — **datação relativa** **3**.

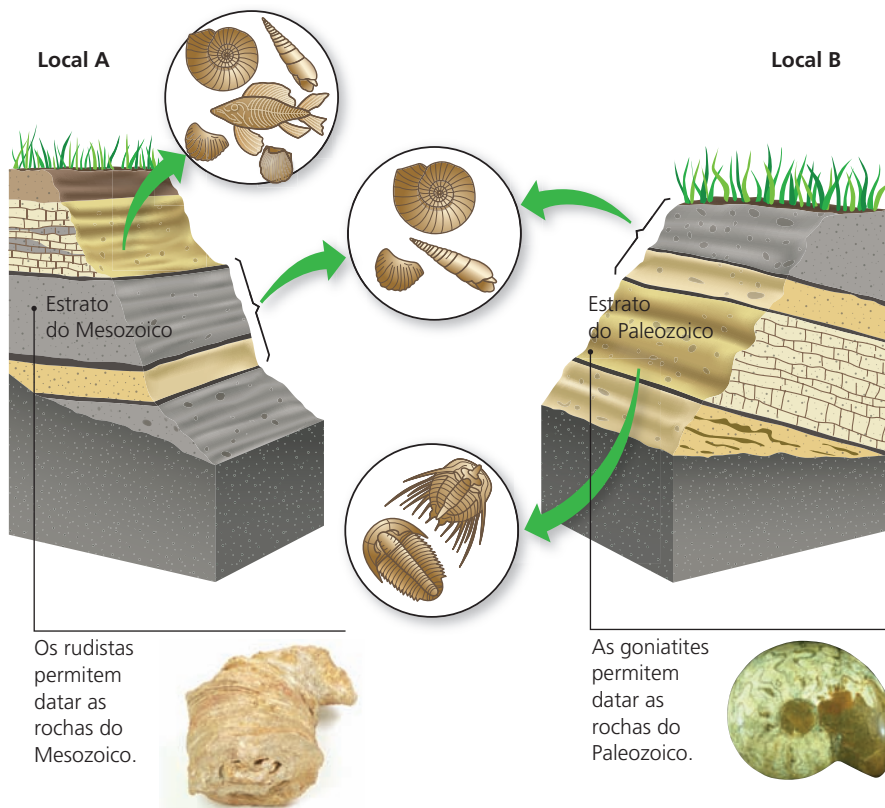
Segundo Nicolau Steno, os sedimentos, que dão origem às rochas sedimentares, são transportados e depositados em locais normalmente afastados do seu local de origem. Habitualmente, os sedimentos depositam-se em camadas horizontais, dando origem a estratos que se formam uns sobre os outros. Baseado nesta observação, Steno formulou o **princípio da sobreposição dos estratos**, segundo o qual **um estrato que se encontra por baixo é mais antigo do que um que se situa por cima, e mais recente do que um outro que esteja por baixo dele** **4**.

A análise do registo fóssil também possibilita a datação relativa das rochas. Para tal, devemos partir do princípio de que, **num fóssil, quer o organismo que deixou o vestígio quer os sedimentos onde o mesmo fossilizou são contemporâneos**, isto é, têm a mesma idade.

Outra informação importante e facilitadora da datação dos estratos é a associação fossilífera: dois estratos com os mesmos tipos de fósseis, ainda que distanciados geograficamente, têm a mesma idade **5** — **princípio da identidade paleontológica**.



**4** Sequência de estratos.



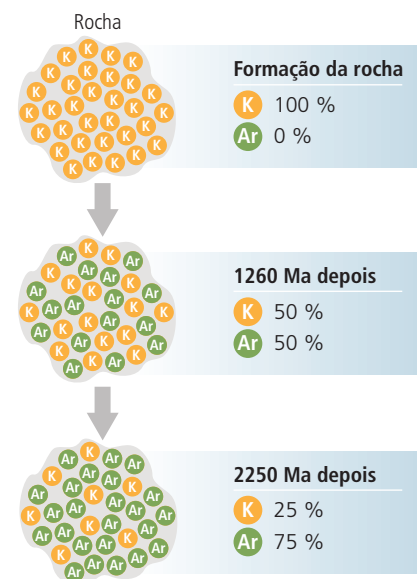
**5** Os estratos têm a mesma idade que os fósseis neles existentes. Rochas com a mesma associação de fósseis, mesmo que distanciadas, possuem a mesma idade.



Atualmente é possível determinar com algum rigor a idade de certas rochas, recorrendo para tal à **datação absoluta ou radiométrica**.

| DATAÇÃO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Relativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Absoluta ou radiométrica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite ordenar as estruturas geológicas e, portanto, fazer uma datação usando expressões como «formou-se antes», «formou-se depois», «é mais antigo», ...</li> <li>• Baseia-se nos princípios da identidade paleontológica e da sobreposição dos estratos e na sua constituição fossilífera.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite datar as rochas em anos ou milhões de anos. O método mais fiável para saber a idade absoluta de uma rocha ou de um fóssil é através da técnica de datação radiométrica.</li> <li>• Baseia-se na transformação espontânea de elementos químicos radioativos existentes nas rochas.</li> </ul> |

Quando se dá a transformação de um elemento químico radioativo, há libertação de radioatividade (calor e radiação), originando-se um novo elemento químico. Conhecendo a velocidade de transformação, que varia consoante o elemento químico, e as quantidades dos elementos químicos (o que se transforma e o que resulta da transformação), é possível calcular a idade das rochas **6**.



**6** Transformação do elemento químico potássio (K) radioativo no elemento químico argônio (Ar), ao longo do tempo. Por exemplo, se na rocha existirem 25 % de K e 75 % de Ar, significa que a rocha tem 2250 milhões de anos.



## TRABALHO PRÁTICO

### Os fósseis podem dar indicações sobre a idade das rochas?

#### Material

- Conchas de bivalves ou gastrópodes
- Folhas e pequenos troncos
- Corante alimentar azul, vermelho e amarelo
- Gesso
- Garrafa de plástico de 1,5 L
- Recipiente
- Água

#### Procedimento

1. Corta uma garrafa de plástico de 1,5 L a cerca de 2/3 da sua capacidade.
2. Num recipiente, prepara gesso azul: mistura cerca de 150 mL de água, gesso q. b. e corante alimentar azul. (Utiliza este procedimento para a preparação do gesso vermelho e amarelo.)
3. Verte o gesso para a garrafa. Regista a hora.
4. Prepara gesso vermelho. Adiciona algumas conchas ao preparado e verte-o cuidadosamente sobre a camada anterior. Regista a hora.
5. Prepara gesso amarelo. Adiciona-lhe alguns fragmentos de folhas ou troncos e verte cuidadosamente o preparado para a garrafa. Regista a hora.
6. Elabora um esquema da tua garrafa.

#### Resultados

— Coluna litoestratigráfica; esquema.

#### Tópicos de discussão

1. Qual é o estrato mais antigo e o estrato mais recente?
2. Considerando que estás a simular fenómenos que ocorreram no passado, compara a idade das conchas com...
  - a) ... a do estrato azul;
  - b) ... a dos fragmentos de troncos/folhas.
3. Se soubesses a idade exata das conchas, poderias determinar com exatidão a idade do estrato vermelho?

#### Conclusão

1. Responde à questão que serve de título à atividade.

## ■ A escala do tempo geológico

**Escala do tempo geológico** — *geologic time scale*

**Era** — *Era*

**Período** — *Period*

**Cenozoico** — *Cenozoic*

**Mesozoico** — *Mesozoic*

**Paleozoico** — *Paleozoic*

Foram os métodos de datação relativa e absoluta que permitiram aos geólogos e paleontólogos construir uma escala do tempo geológico, ou seja, um calendário que representa a idade e a história geológica da Terra.

Este calendário está organizado em etapas, que nos «contam» os principais acontecimentos que ocorreram no nosso planeta, dos mais antigos para os mais recentes.

Tal como dividimos o mês em dias e os dias em horas, também a história da Terra se divide em **eras**, que englobam vários **períodos**, constituídos por várias épocas.

Os **critérios** usados pelos geólogos e paleontólogos para estabelecerem a **divisão no tempo** são o **aparecimento e o desaparecimento de seres vivos** e os grandes **acontecimentos geológicos** que ocorreram na Terra, como é o caso das **transgressões e regressões marinhas** e das **glaciações**.

### PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS TEMPOS GEOLÓGICOS

| Pré-Câmbrico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Era do Paleozoico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Era do Mesozoico                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Era do Cenozoico                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Aparecimento das primeiras formas de vida,</b> seres unicelulares procariontes (seres vivos com células procarióticas), e desenvolvimento de formas de vida eucariontes (seres vivos com células eucarióticas) e multicelulares muito simples.</p> <p>A atmosfera torna-se rica em oxigénio.</p> <p>A vida só existe no mar.</p> | <p><b>Grande aumento da biodiversidade marinha</b> e desenvolvimento da maior parte dos grupos de invertebrados.</p> <p>Os seres vivos conquistam os ambientes terrestres.</p> <p>Evolução dos peixes, anfíbios, répteis, insetos e das plantas sem flor.</p> <p>O fim da era é marcado por uma grande <b>extinção em massa</b>.</p> | <p><b>Grande desenvolvimento dos répteis.</b></p> <p>Domínio dos dinossauros.</p> <p>Surgem os primeiros pequenos mamíferos e as aves.</p> <p>Surgem as plantas com flor.</p> <p>No mar, abundam as amonites e as belemnites.</p> <p>O fim da era é marcado por uma grande <b>extinção em massa</b>.</p> | <p><b>Grande desenvolvimento do grupo dos mamíferos.</b></p> <p>Surgem os grandes mamíferos, que sofrem posteriormente uma grande <b>extinção</b>.</p> <p>Surgem os primeiros homínidos.</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |
| Fóssil de estromatólito.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Fóssil de trilobite.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Fóssil de apatossauro.                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Reconstituição de um mamute.                                                                                                                                                                 |

| TABELA CRONOSTRATIGRÁFICA |             |          |
|---------------------------|-------------|----------|
| Era                       | Período     | Ma       |
| Cenozoico                 | Quaternário | 2,6      |
|                           | Neogénico   | 23,3     |
|                           | Paleogénico | 65,5     |
| Mesozoico                 | Cretácico   | 145,5    |
|                           | Jurássico   | 199,6    |
|                           | Triásico    | 251,0    |
| Paleozoico                | Pérmico     | 299,0    |
|                           | Carbónico   | 359,2    |
|                           | Devónico    | 416,0    |
|                           | Silúrico    | 443,7    |
|                           | Ordovícico  | 488,3    |
|                           | Câmbrico    | 542,0    |
| Pré-Câmbrico              |             | 4600-542 |

**Nota:** Ma — milhões de anos; os valores indicados referem-se ao início do respetivo intervalo de tempo.



Aparecimento do género *Homo*



Extinção dos dinossauros



Aparecimento das plantas com flor



Aparecimento das aves



Aparecimento dos mamíferos



Extinção das trilobites



Aparecimento dos répteis



Aparecimento dos anfíbios



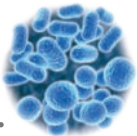
Aparecimento dos insetos



Aparecimento das plantas terrestres



Aparecimento dos peixes



Aparecimento das primeiras formas de vida

Fonte: International Commission on Stratigraphy  
In [http://www.stratigraphy.org/ics%20chart/09\\_2010/StratChart2010.pdf](http://www.stratigraphy.org/ics%20chart/09_2010/StratChart2010.pdf) (adaptado)



## 12.2 Os grandes acontecimentos

**Extinção em massa** — *mass extinction*

**Transgressão marinha** — *marine transgression*

**Regressão marinha** — *marine regression*

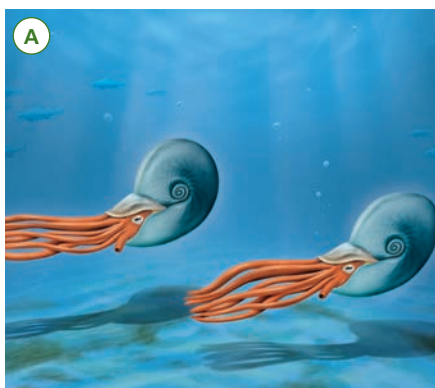
O registo fóssil diz-nos que existe uma correlação global entre as **mudanças climáticas** bruscas e drásticas, a variação significativa do **nível médio das águas do mar** e as **extinções em massa** (diminuição brusca do número de espécies ou de outros grupos de organismos) **7** e **8**.

A variação do nível médio das águas do mar pode originar **transgressões marinhas** (avanço do mar em relação aos continentes) e **regressões marinhas** (recoo do mar em relação aos continentes) **9** e contribuir para criar ou destruir habitats.

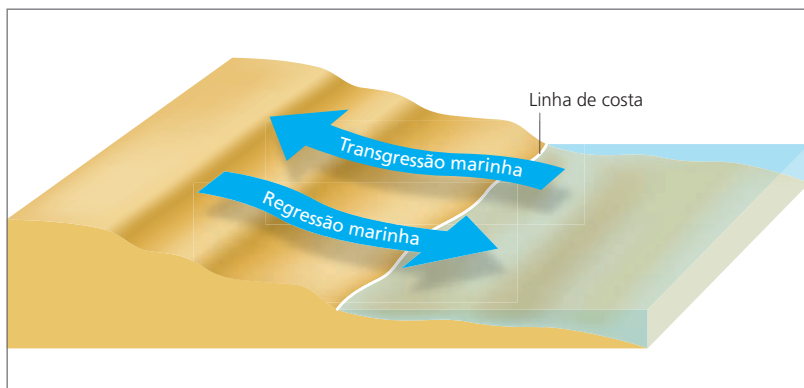
No passado, a temperatura média global sofreu grandes variações, tendo o gelo atingido grandes extensões **10**, por vezes, quase a totalidade da superfície terrestre — **glaciação**. Assim, as glaciações podem originar a descida das águas do mar e o degelo das calotas polares pode estar na origem da subida das águas do mar.



**7** As trilobites surgiram e extinguiram-se no Paleozoico.



**8** As amonites [A], os répteis voadores e os dinossauros [B] apareceram e extinguiram-se no Mesozoico.



**9** Transgressão e regressão marinhas, associadas à variação do nível médio das águas do mar, numa área litoral.



**10** Glaciar.

### ATIVIDADES

- 1 Qual é a relação existente entre o nível das águas do mar e as extinções em massa?
- 2 Atualmente, o aquecimento global e o aumento do nível das águas do mar são muito falados. Quais são as causas e as consequências destes fenómenos atuais?

- 1 Lê o texto e responde às questões.



## Catástrofes que alteraram a evolução da vida na Terra

A mais conhecida catástrofe que causou extinções em massa na Terra e que fez desaparecer os dinossauros ocorreu há 65 milhões de anos e foi possivelmente originada pelo impacto de um meteorito (cratera de Chicxulub, no Golfo do México).

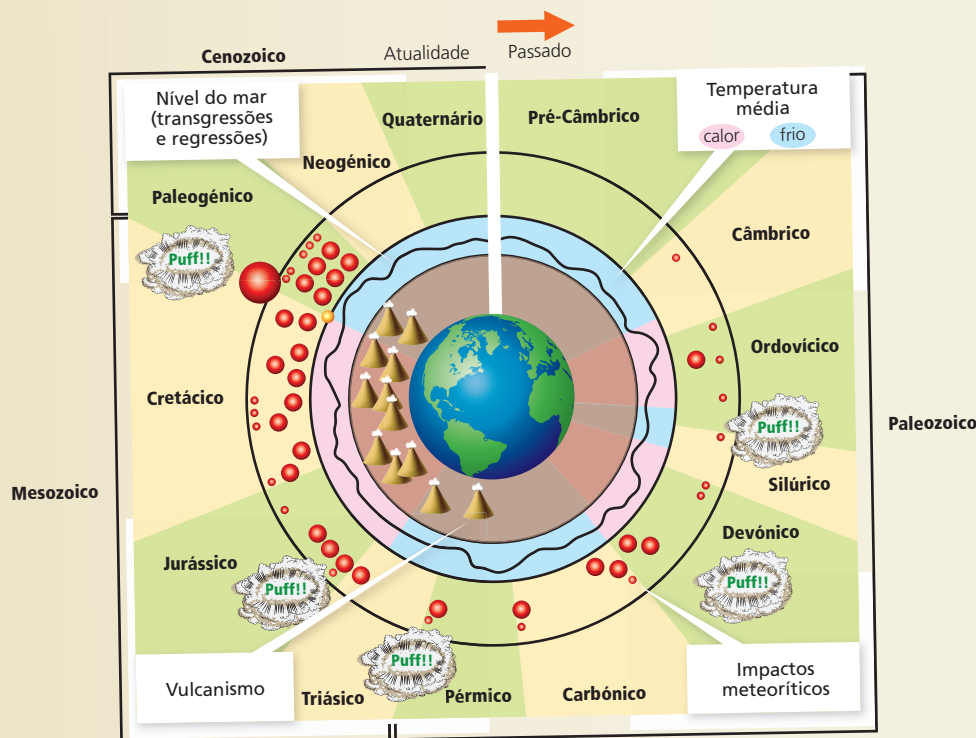
Mas a maior extinção terá sido a «grande extinção» do Pérmico, último período do Paleozoico, que extinguiu 90 % das espécies marinhas e 70 % dos vertebrados terrestres. Segundo uma equipa de cientistas norte-

-americanos, esta extinção deveu-se ao impacto de um asteroide ou de um cometa na Terra, com um diâmetro entre 6 e 12 quilómetros, seguido da maior atividade vulcânica que o Planeta jamais conhecera.

As consequências foram um grande aquecimento global, uma descida do nível dos mares e dos níveis de oxigénio nas águas, que se tornaram tóxicas.

Muitos seres vivos não tinham para onde migrar.

*Jornal de Ciência, Tecnologia e Empreendedorismo,*  
25/01/2011 (adaptado)



Relação entre as extinções em massa (Puff!!) e as mudanças climáticas bruscas, as transgressões e regressões marinhas, o vulcanismo e o impacto de meteoritos.

- 1.1 A que extinção se refere o texto?
- 1.2 Relaciona as extinções em massa com acontecimentos geológicos do Planeta.
- 1.3 Por que razão, após as catástrofes naturais, nem todos os seres vivos se extinguiram?
- 1.4 Os cientistas calculam que durante o último século se tenham extinguido entre 20 000 e dois milhões de espécies, sendo a taxa atual de extinção de 140 000 espécies por ano. Esta extinção não parece relacionada com fenómenos bruscos naturais, pois é muito curta em termos de tempo geológico quando comparada com a maioria das outras extinções em massa. Qual será a sua principal causa?

## A história da Terra

Vamos imaginar os 13 700 Ma de idade do Universo comprimidos num ano e perceber a diversidade de acontecimentos que marcaram a história da Terra.

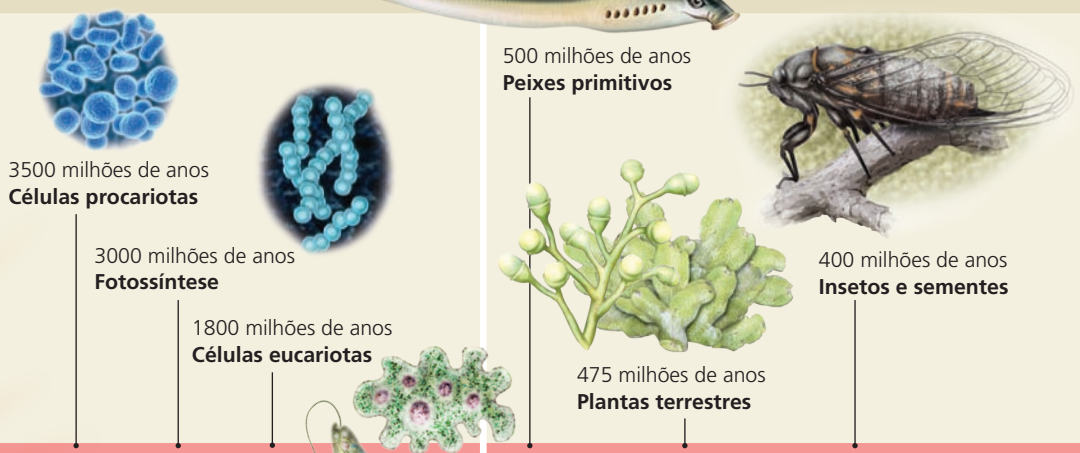
### GLACIAÇÕES



### EXTINÇÕES EM MASSA (Percentagem de géneros extintos)



### MARCOS BIOLÓGICOS



13 700 Ma (Milhões de anos)

### BIG BANG

1 janeiro (Dia do ano)

4600 Ma

542 Ma

488 Ma

444 Ma

416 Ma

359 Ma

### PRÉ-CÂMBRICO

### PALEOZOICO

CÂMBRICO

ORDOVÍCIO

SILÚRICO

DEVÓNICO

14 set.

18 dez.

19 dez.

20 dez.

21 dez.

23 dez.



1000 milhões de anos  
Organismos multicelulares



620 milhões de anos  
Animais simples



570 milhões de anos  
Artrópodes



360 milhões de anos  
Anfíbios

### MARCOS BIOLÓGICOS



Formação da Terra



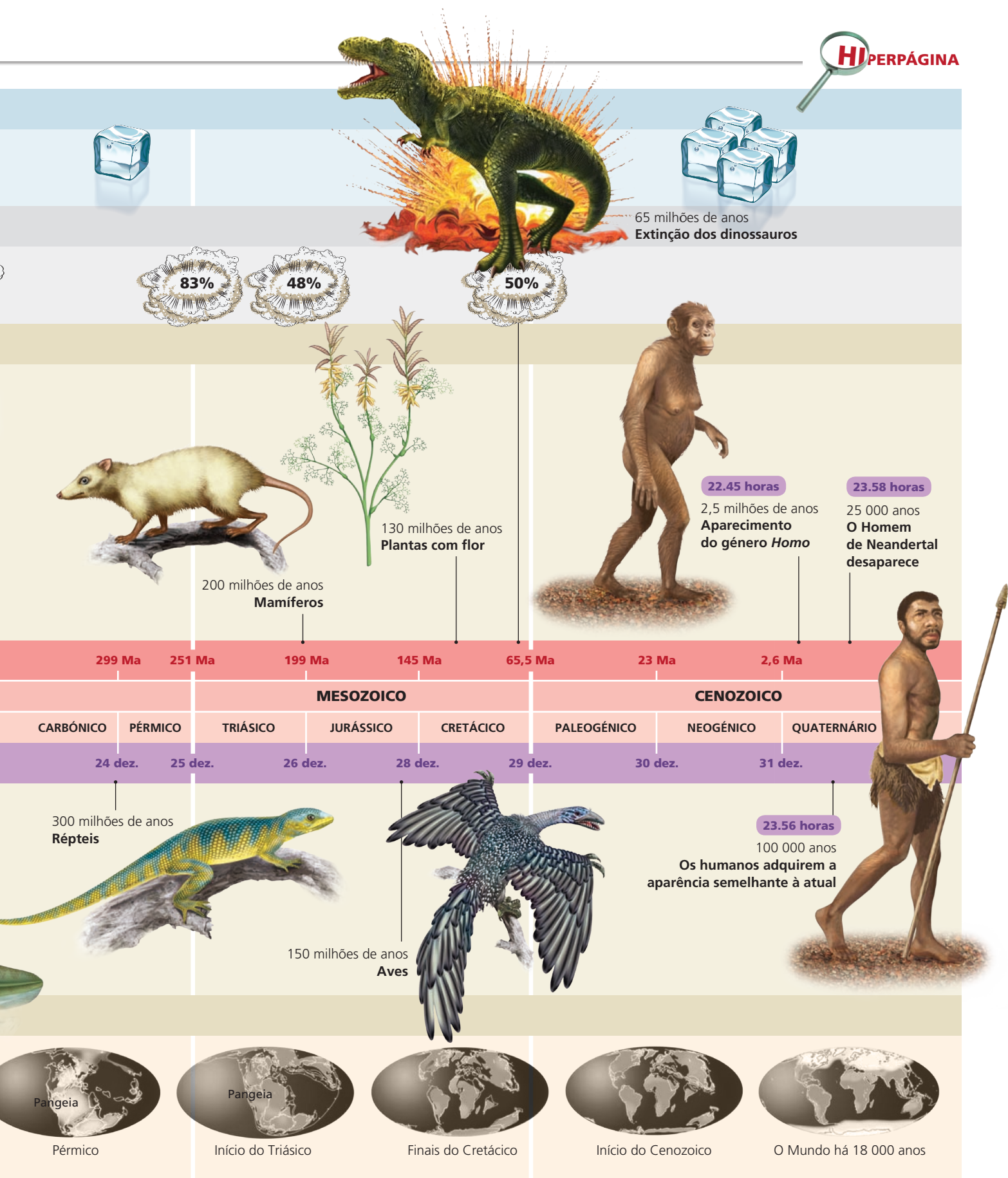
Finais do Pré-Câmbrico



Câmbrico

### DERIVA DOS CONTINENTES





- 1 Lê o texto e responde às questões seguintes.

## Os fósseis das maiores trilobites do Mundo foram encontrados em Portugal

Uma equipa internacional descobriu em Arouca vários grupos de fósseis de trilobites com 465 milhões de anos. A importância da descoberta deve-se à dimensão dos indivíduos, que, segundo os investigadores, são os maiores do Mundo. [...] Em Canelas, no Geoparque de Arouca, estão descritas vinte espécies de trilobites — um dos fósseis mais representados do Paleozoico. As trilobites viveram durante mais de 280 milhões de anos, até desaparecerem, há 250 milhões de anos, quando se deu a grande extinção do final do período Pérmico, antes da era dos dinossauros.

Na pedreira de Arouca, só cinco ou seis espécies é que apresentaram um tamanho fenomenal. Habitualmente, as espécies não ultrapassam os dez centímetros; aqui, a maioria ultrapassava os 30 centímetros e o maior fóssil tinha 86 centímetros de comprimento.

A culpa é dos polos. Há 465 milhões de anos a zona de Arouca, perto de Aveiro, estava submersa e ficava pertíssimo do Polo Sul, junto da costa do continente chamado Gondwana. O frio e as águas com uma baixa concentração de oxigénio permitiram às trilobites crescerem mais, num ambiente protegido em que seres maiores



com um metabolismo mais lento estariam bem adaptados.

[...] Mas esta descoberta também lança luzes sobre o comportamento social destes animais. «Até agora, o que se conhecia eram indivíduos solitários, aqui temos uma grande quantidade de trilobites todas juntas e metros e metros sem trilobites», explicou Artur Sá, professor do departamento de Geologia da UTAD. O investigador aponta duas razões que podem explicar o fenómeno: no mar, as trilobites juntavam-se para as mudas das carapaças, ficando agregadas para se protegerem enquanto as novas estruturas enrijeciam. Parte dos fósseis resulta de mudas e não da morte de trilobites, o que dá força a esta teoria. Por outro lado, o objetivo do ajuntamento poderia ser a reprodu-

ção, como acontece em artrópodes atuais. [...]

Muitos fósseis mostram trilobites encurvadas sobre si próprias, provavelmente pela falta de oxigénio. Por questões paleoambientais, o mar nesta região teria baixas concentrações deste gás. Graças ao seu tamanho e ao baixo metabolismo, teoriza-se que as trilobites poderiam descer até profundidades de 150 metros para se alimentarem de partículas orgânicas. A falta de oxigénio matou-as mas ajudou à fossilização. «Trata-se aqui de uma preservação excecional, que só ocorre quando temos sedimentos muito finos e ausência de oxigénio», frisa o investigador.

<http://ecosfera.publico.pt/noticia.aspx?id=1379486>,  
consultado em fevereiro de 2011 (adaptado)

- 1.1 Por que razão podem ser consideradas as trilobites fósseis de idade?
- 1.2 Qual é a explicação dada pelos cientistas para a grande dimensão de algumas espécies de trilobites encontradas?
- 1.3 Justifica as afirmações seguintes a partir da informação contida no texto.  
A — Ao longo do tempo geológico houve mobilidade dos continentes.  
B — O registo fóssil permite conhecer hábitos de vida dos seres vivos do passado.



## TRABALHO PRÁTICO

### Como é caracterizada a história da Terra e da vida na Terra?

#### Material

- Papel de cenário
- Tinta e guache
- Lápis de cor
- Régua e esquadro
- Lápis e borracha
- Cola
- Tesoura

#### Procedimento

1. Formar quatro grupos de trabalho, de modo que cada grupo fique responsável por uma grande divisão da história da Terra (Pré-Câmbrico, Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico).
2. Forrar uma parede da sala de aula com papel de cenário.
3. Recortar uma tira com 20 cm de altura e com o comprimento equivalente aos milhões de anos calculados para a respetiva divisão da história da Terra, usando como escala 1 cm para cada 10 Ma.
4. Pintar a tira de acordo com a cor utilizada na tabela cronostratigráfica da página 157 e identificar a divisão.
5. Colar a tira no papel de cenário, de modo a obter, com as tiras dos restantes grupos, uma escala ascendente, desde a formação da Terra até ao presente, tendo o cuidado de assinalar, em milhões de anos (Ma), o início e o fim de cada divisão.
6. Assinalar os principais acontecimentos que caracterizam a história da Terra (transgressões e regressões marinhas e extinções em massa), colando, por exemplo, desenhos de fósseis relativos a cada divisão. Para tal, será útil consultar as páginas 160-161 do manual e pesquisar outras fontes, como, por exemplo, <http://exploringorigins.org/timeline.html> e [http://www.anoplanetaterra.org/docs/brochura12\\_web.pdf](http://www.anoplanetaterra.org/docs/brochura12_web.pdf).



#### Resultados

- Friso cronológico.
- Indicação da escala utilizada.

#### Tópicos de discussão

1. Quais são os tipos de acontecimentos de carácter cíclico que marcam as etapas da história da Terra?
2. Em que medida é que esta atividade te permite reconhecer a importância dos fósseis?
3. Se atualmente ocorresse um fenómeno de transgressão generalizada no nosso planeta, quais seriam as espécies mais afetadas ou sujeitas a extinção?
4. Propõe uma explicação para a baixa quantidade de fósseis existentes até ao início do Paleozoico.
5. Há quantos milhões de anos se deu a maior extinção da história da Terra?
6. Como evoluiu a vida na Terra ao longo do tempo?

#### Conclusão

Caracteriza a evolução da vida e a evolução da Terra e refere de que forma estão relacionadas.





## Percurso de observação de ambientes geológicos passados e safari fotográfico de fósseis

Propomos-te que faças de geólogo e de paleontólogo durante um safari fotográfico num ou mais locais próximos da tua escola que sejam ricos em fósseis. Pega na máquina fotográfica, põe o teu chapéu de explorador e avança para o campo.

Não te esqueças de que não podes recolher os fósseis que encontrares!

### Objetivos

- Caracterizar ambientes geológicos passados.
- Observar e fotografar diferentes tipos de rochas.
- Observar e fotografar diferentes tipos de fósseis.
- Compreender de que modo os fósseis nos podem dar informações sobre os organismos que os originaram.

### Tarefas a realizar antes da saída

Lê atentamente o percurso indicado pelo teu professor e faz uma pesquisa, em grupo, sobre os ambientes geológicos existentes e os fósseis mais comuns nos locais de paragem.

### Material

- Máquina fotográfica
- Régua
- Papel absorvente
- Caderno de campo
- Plasticina
- Óleo
- Lápis
- Lupa
- Guia de identificação de fósseis
- Sacos de plástico
- Caixas pequenas de plástico

### Tarefas a realizar durante a saída

1. Em cada local de paragem, observa atentamente a paisagem.
  - 1.1 Faz uma breve descrição (refere, por exemplo, a existência de falésias, como se dispõe a sequência de rochas existentes, qual é o tipo de rocha predominante, se existe areia, cursos de água ou blocos de rocha caídos).
  - 1.2 Faz um esquema legendado do local visitado.
2. Fotografa a paisagem.
3. Pesquisa e fotografa os fósseis que encontrares, colocando junto deles uma escala (por exemplo, uma régua ou uma moeda) para poderes avaliar o tamanho de cada um dos exemplares.
4. Para cada fotografia, indica o local da recolha, o número da fotografia e o tamanho do fóssil. Se for possível, identifica-o.
5. Com a autorização do teu professor, imprime moldes externos dos fósseis encontrados. Pincela o fóssil com óleo e pressiona a plasticina cobrindo totalmente o fóssil. Retira a plasticina com cuidado. Guarda a plasticina, evitando que se danifique. Não te esqueças de limpar bem o fóssil com papel absorvente.

### Tarefas a realizar após a saída

Em grupo, com a ajuda do teu professor e de bibliografia adequada, organiza, num póster, os registos de cada um dos locais e também as fotografias tiradas. Faz uma exposição na tua sala de aula ou na escola.



Alguns locais onde podes realizar o safari fotográfico.

## Grandes etapas da história da Terra

Para a datação das rochas, recorre-se a métodos de datação relativa ou de datação absoluta:

- A **datação relativa** utiliza o **princípio de sobreposição de estratos** e o **princípio da identidade paleontológica**.
- A **datação absoluta** utiliza a técnica de **datação radiométrica**.

A história da Terra foi marcada por grandes acontecimentos geológicos e biológicos, como:

- **Transgressões marinhas** — Avanço do mar em relação aos continentes.
- **Regressões marinhas** — Recuo do mar em relação aos continentes.
- **Extinções em massa** — Desaparecimento total de várias espécies de seres vivos.



A **escala do tempo geológico** representa as diferentes etapas da história da Terra.

A transição entre as etapas caracteriza-se por grandes acontecimentos geológicos e biológicos:

- **Pré-Câmbrico** (4600-542 Ma) — Aparecimento das primeiras formas de vida, seres unicelulares procariontes; desenvolvimento de formas de vida eucariontes unicelulares muito simples; enriquecimento em oxigénio da atmosfera; vida essencialmente marinha.
- **Paleozoico** (542-251 Ma) — Grande aumento da biodiversidade marinha; conquista do ambiente terrestre; aparecimento de vários grupos de seres vivos: plantas terrestres sem flor, insetos, alguns grupos de vertebrados (peixes, anfíbios e répteis); o fim desta era foi caracterizado por uma extinção em massa.
- **Mesozoico** (251-65,5 Ma) — Caracteriza-se pelo domínio dos dinossauros; ocorre o aparecimento dos mamíferos e das aves; surgem as plantas com flor; grande distribuição das amonites no mar; o fim da era é caracterizado por uma extinção em massa.
- **Cenozoico** (65,5 Ma-atualidade) — Desenvolvimento dos grandes mamíferos e posterior extinção. Surgem os primeiros homínídeos.



# AVALIA CONHECIMENTOS

**1** Observa o gráfico, que apresenta a variação do número de famílias de animais marinhos ao longo do tempo geológico.

**1.1** Identifica a era assinalada pela letra A.

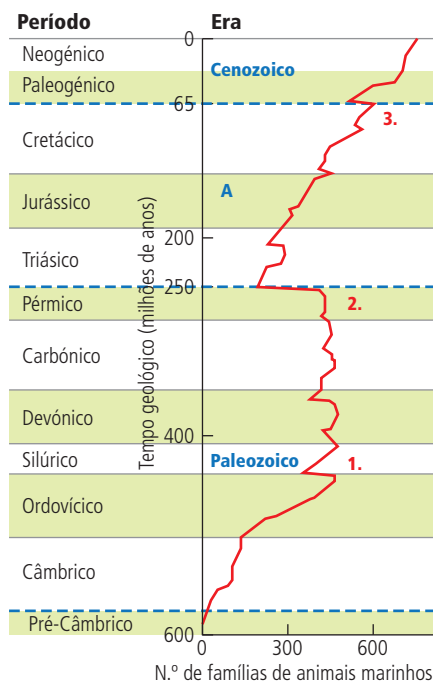
**1.2** Selecciona a opção que completa corretamente a afirmação seguinte.  
A análise do gráfico permite-nos afirmar que o número de famílias de animais marinhos ao longo dos tempos geológicos...

- A — ... aumentou de forma contínua.
- B — ... diminuiu de forma contínua.
- C — ... aumentou.
- D — ... diminuiu.

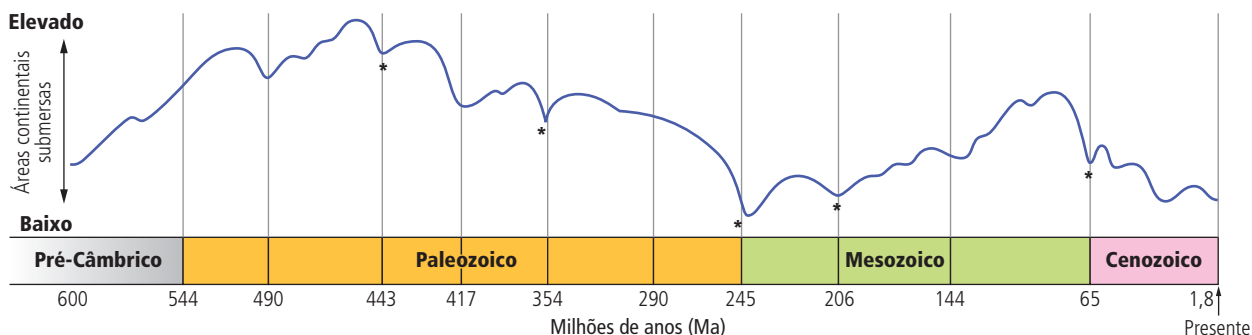
**1.3** Enumera alguns fatores que tenham contribuído para as extinções em massa.

**1.4** Os números 1, 2 e 3 representam momentos em que ocorreram extinções em massa. Selecciona a opção referente ao grupo que se terá extinguido no momento designado por 2.

- A — Amonites
- B — Trilobites
- C — Corais
- D — Dinossauros



**2** O gráfico representa a variação do nível do mar do Pré-Câmbrico à atualidade.



Os asteriscos assinalam momentos em que ocorreram extinções em massa de organismos marinhos.

**2.1** Em que era o parâmetro áreas continentais submersas atingiu valores mais altos?

**2.2** Com base nos dados do gráfico, indica qual é o fenómeno que está relacionado com as extinções em massa de organismos marinhos.

**2.3** Transcreve a opção que completa a afirmação seguinte.  
A transição entre as diferentes eras está relacionada com...

- A — ... a ocorrência de regressões e transgressões marinhas.
- B — ... o desaparecimento de uma espécie.
- C — ... um intervalo de tempo sempre igual.
- D — ... a ocorrência de extinções em massa.

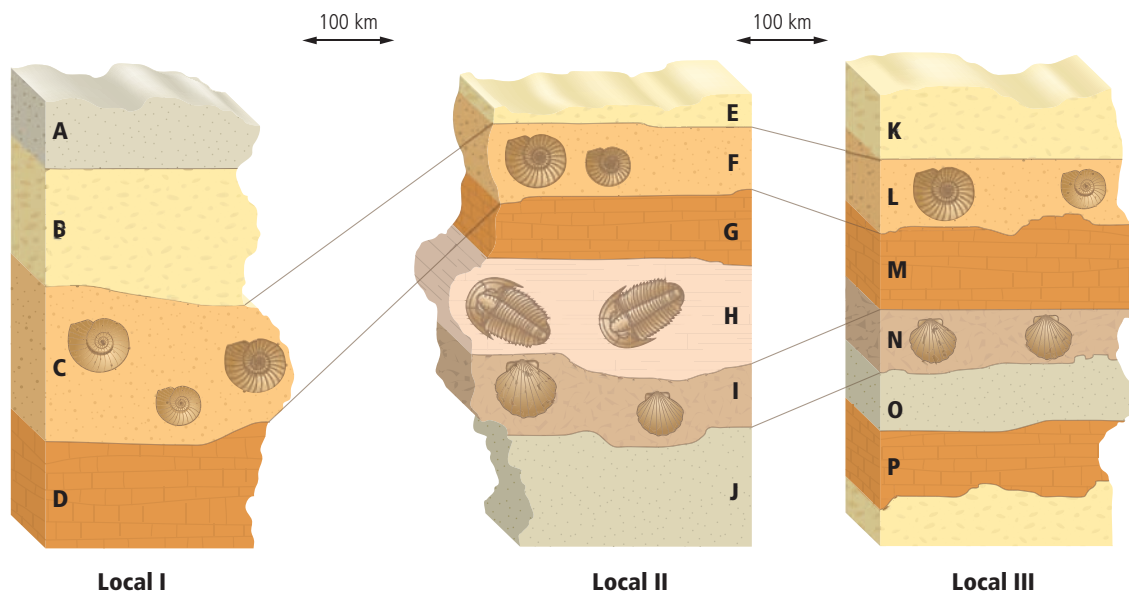
**2.4** Indica algumas consequências, para os seres vivos, das transgressões e regressões marinhas.

**2.5** O início do Paleozoico é conhecido como «a explosão do Câmbrio». O que significa esta designação?



## RELACIONA CONHECIMENTOS

- 1** Observa o esquema, que representa três conjuntos de estratos observados em três locais distintos, e responde às questões.



- 1.1** Identifica o estrato mais antigo do local I.
- 1.2** Como se denomina o princípio que te permitiu responder à questão anterior?
- 1.3** Selecciona a opção que completa corretamente a afirmação seguinte.  
Podemos afirmar que estamos na presença de estratos marinhos porque...
- A — ... todos os estratos possuem os mesmos tipos de rochas.  
B — ... os estratos são constituídos por rochas diferentes.  
C — ... os estratos apresentam fósseis de organismos marinhos.  
D — ... todas as rochas estratificadas se formam em ambientes marinhos de águas quentes.
- 1.4** Por que razão se pode afirmar que os estratos C, F e L devem ter sido formados no mesmo intervalo de tempo geológico?
- 1.5** Selecciona a opção que enuncia o princípio que te permitiu responder à questão anterior.
- A — Estratos com diferentes rochas têm conteúdos fósseis distintos.  
B — Estratos com as mesmas rochas têm o mesmo conteúdo fóssil.  
C — Estratos com a mesma associação fóssil têm a mesma idade.  
D — Estratos com fósseis distintos têm a mesma idade.
- 1.6** Refere as características que os fósseis devem apresentar para que possam ser utilizados na datação relativa dos estratos.
- 1.7** Transcreve a opção que completa corretamente a afirmação seguinte.  
O estrato H do local II formou-se durante o...
- A — ... Mesozoico, porque apresenta fósseis de trilobites.  
B — ... Mesozoico, porque apresenta fósseis de amonites.  
C — ... Paleozoico, porque apresenta fósseis de trilobites.  
D — ... Paleozoico, porque apresenta fósseis de amonites.
- 1.8** Apresenta uma explicação para o facto de existirem estratos que não estão representados em todos os três locais.



# CIÊNCIA GEOLÓGICA E SUSTENTABILIDADE



## No fim deste bloco deverá ser capaz de:

- Associar as intervenções do ser humano aos impactos nos processos geológicos (atmosfera, hidrosfera e litosfera).
- Relacionar o ambiente geológico com a saúde e a ocorrência de doenças nas pessoas, animais e plantas que vivem nesse ambiente.





- Extrapolar o impacto do crescimento populacional no consumo de recursos, no ambiente e na sustentabilidade da vida na Terra.
- Referir respostas tecnológicas, socioeconómicas e educativas a problemas da geologia ambiental.

- Explicar de que modo as relações entre a geologia, a tecnologia e a sociedade podem contribuir para uma cultura de sustentabilidade da vida na Terra.



## ■ Introdução

A Geologia é a ciência que estuda a Terra como um todo, quer a estrutura e composição quer a evolução, na qual o Homem tem tido um papel interventivo ao nível das transformações que ocorrem na sua superfície. A par das melhores condições de vida para a população humana que o conhecimento científico e tecnológico tem permitido, existe também uma maior pressão sobre os recursos do Planeta, resultante das atividades humanas, com consequentes impactos ambientais sobre o solo, a atmosfera, a água e a saúde dos seres vivos, ficando assim em risco o futuro do Planeta e o do próprio Homem.

A Humanidade tem de partilhar o Planeta com todos os outros organismos vivos, pelo que precisa de ganhar consciência e responsabilidade ambientais no sentido de assegurar a sustentabilidade, ou seja, assegurar a permanência da própria vida no Planeta.

A Geologia tem um papel importante na formação de uma cultura de sustentabilidade, pois só conhecendo o Planeta e o modo como ele funciona é possível intervir no sentido de reverter os impactos negativos causados pelo Homem.

Uma sociedade responsável e participativa é aquela que educa os seus cidadãos para o reconhecimento de que o Planeta é só um, pertence a todos os que nele habitam e tem recursos finitos, pelo que é necessário geri-los de forma sustentada. Essa é a única forma de assegurarmos o nosso futuro na Terra.



**1** Mina de ouro em Zamfara (Nigéria), onde o chumbo é utilizado na mineração [A]; envenenamento pela exposição a poeira de chumbo [B]; ouro, recurso não renovável [C]; chumbo, extremamente tóxico ao organismo se este for exposto a doses elevadas [D].

## ■ As tuas perguntas...

Os recursos do Planeta são suficientes para todos os que nele habitam?



Todos os recursos são finitos?



Poderemos reverter os efeitos nefastos causados pela atividade humana?



Quais são os impactos da atividade humana no Planeta?



## ■ Será que sabes?

Classifica as afirmações seguintes como verdadeiras (V) ou falsas (F).

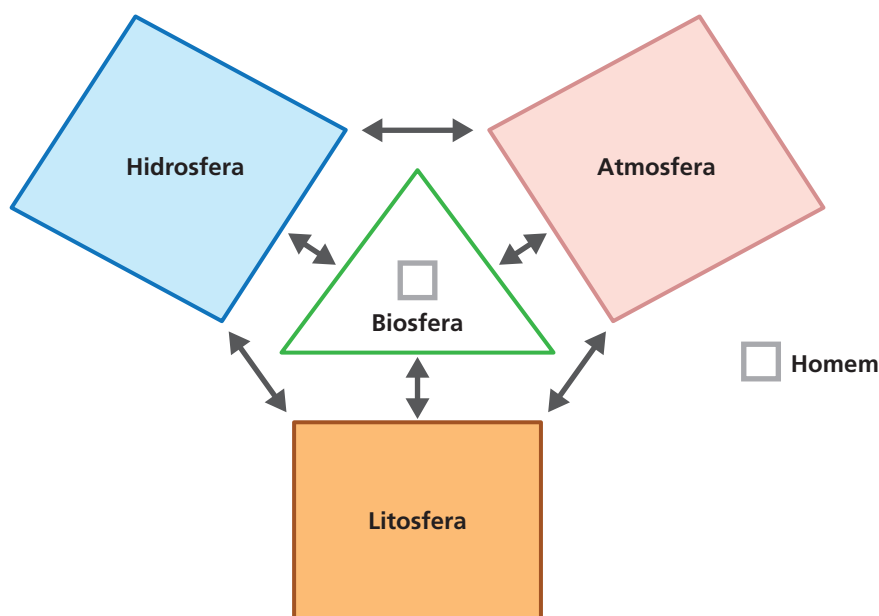
- I. O solo, a água, o ar e os seres vivos são considerados recursos naturais.
- II. A saúde humana pode ser afetada pela composição química do solo.
- III. Todos os recursos se esgotam.
- IV. Nem todos os elementos químicos são essenciais aos seres vivos.
- V. Os alimentos não são considerados recursos.
- VI. A ocupação dos solos para habitação contribui para a sua erosão.
- VII. A sobrevivência do Homem não depende dos outros seres vivos.
- VIII. Reduzir o desperdício e o consumo exagerado dos recursos naturais contribui para a sustentabilidade.

## 13.1 Intervenção do ser humano nos processos geológicos

**Geologia** — *Geology*  
**Litosfera** — *lithosphere*  
**Atmosfera** — *atmosphere*  
**Hidrosfera** — *hydrosphere*  
**Biosfera** — *biosphere*  
**Recurso** — *resource*

A **Geologia** é a ciência que estuda o nosso planeta. A Terra é considerada um **sistema**, pois é constituída por vários elementos interligados — os **subsistemas** litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera. A **litosfera** terrestre é a parte do Planeta constituída pela crosta e pelo início do manto, de constituição rochosa e sólida, na superfície da qual se encontram os seres vivos. A Terra é envolvida por uma mistura de gases que se estende até cerca de 500 km acima da superfície terrestre e que permite a existência de vida — a **atmosfera**. A totalidade da água que existe à superfície terrestre ou perto desta constitui a **hidrosfera**. A água é um constituinte fundamental do nosso planeta e é também essencial à sobrevivência dos seres vivos. O conjunto de todos os seres vivos, desde os mais simples até aos mais complexos, é designado por **biosfera**.

Todos os subsistemas terrestres estão interligados, sofrendo influências uns dos outros **1**.



**1** Os subsistemas terrestres encontram-se interligados e influenciam-se mutuamente.

### Os recursos

O Homem é um dos constituintes da biosfera e aquele que tem maior capacidade de interferir em todos os subsistemas terrestres, incluindo a biosfera. Tudo aquilo que o Homem retira da Natureza para suprir as suas necessidades é considerado um **recurso**. Ar, água, alimento, materiais e energia necessários para a produção de roupa, habitação, computadores, entre outros, são recursos utilizados.



Nem todos os recursos são consumidos e formados ao mesmo ritmo. Um recurso que é consumido a um ritmo semelhante ou inferior ao da sua renovação é considerado um **recurso renovável**, enquanto um que é consumido a um ritmo superior ao da sua formação é considerado um **recurso não renovável**; existem ainda aqueles que são praticamente inesgotáveis, classificados como **recursos perpétuos**.

Os recursos podem ser diretamente utilizáveis, como o sol ou o vento, ou podem necessitar de transformações tecnológicas para serem utilizáveis, como o petróleo, que tem de ser extraído e convertido em gasolina, por exemplo.

### ■ Consequências da utilização dos recursos

Na procura e utilização de recursos, o Homem liberta para o ambiente produtos não aproveitados ou alterados, os **resíduos**, provocando, na maioria das vezes, alterações ambientais com graves consequências.

A extração de rochas nas pedreiras abre largos espaços que alteram a paisagem litosférica, o relevo e o solo. Junto à exploração permanecem restos de rochas, com utilização não rentável.

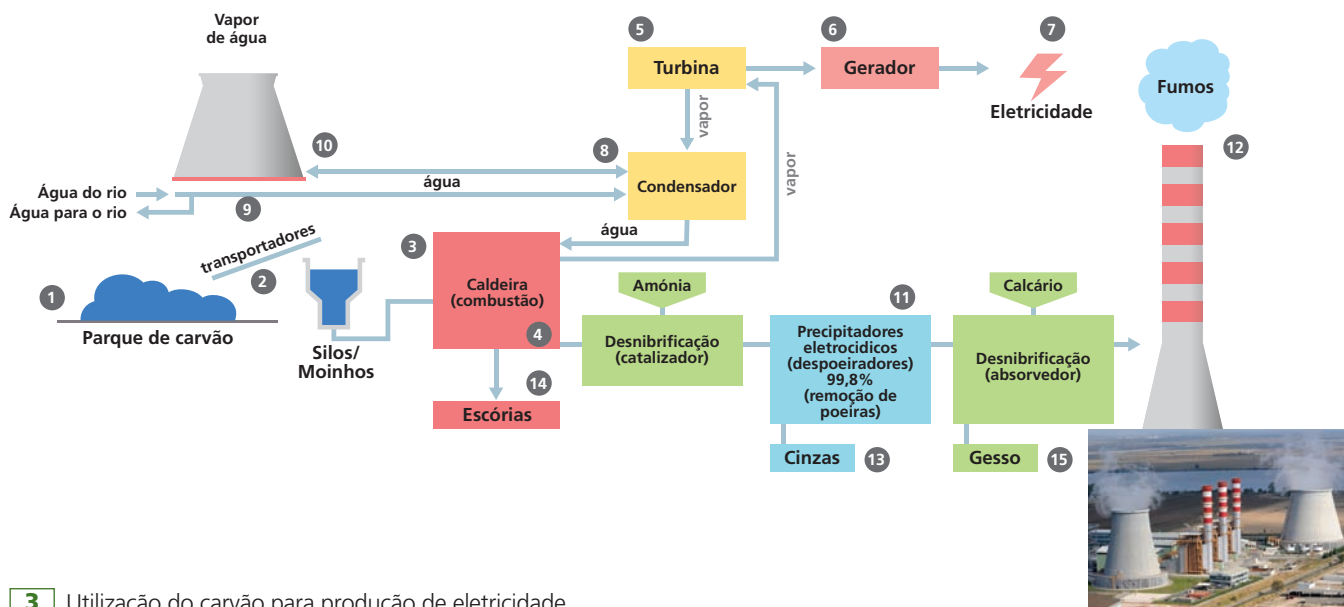
A exploração mineira pode ser realizada a céu aberto, como é o caso da exploração de lítio na região de Portalegre **2A**, ou através da abertura de poços e galerias, que se podem estender a vários metros de profundidade, como na mina da Panasqueira, na região da Covilhã. Junto às minas permanecem resíduos dos minérios (escombreyras).

Os resíduos das pedreiras e das minas estão sujeitos à ação da água da chuva, que dissolve alguns dos seus constituintes (minerais), podendo tornar-se ácida e acumular-se em depressões do terreno, provocando a existência de lagoas ácidas **2B**, ou infiltrar-se e chegar aos lençóis de água subterrâneos, provocando graves problemas ambientais.



**2** Mina de lítio a céu aberto, em Alvarrões (Portalegre) [A]. Lagoa ácida na mina abandonada de Lousal [B].

O carvão é utilizado em centrais termoelétricas para a produção de energia elétrica. Neste processo, são libertados gases poluentes, que contribuem para algumas alterações na atmosfera terrestre, e é lançada água aquecida para o rio, o que provoca alterações no curso de água [3].



3 Utilização do carvão para produção de eletricidade.

A ocupação dos solos para o estabelecimento de cidades cada vez maiores ou para a abertura de estradas reduz as áreas de solos adaptados à agricultura e intensifica a sua erosão, contribuindo também, muitas vezes, para alterações nos cursos de água existentes no local [4].

O crescimento populacional, a utilização não controlada dos recursos e os resíduos libertados são fatores que contribuem para aumentar os problemas ambientais existentes na Terra.



4 As cidades ocupam muitas vezes solos bons para a agricultura [A]. A erosão dos solos pode ser provocada pelo Homem [B].

### ATIVIDADE

- 1 Pesquisa sobre a intervenção que o Homem tem nas rochas e/ou minerais que existem na tua zona, verificando o impacto que essa intervenção provoca no ambiente. Elabora uma apresentação à comunidade escolar.

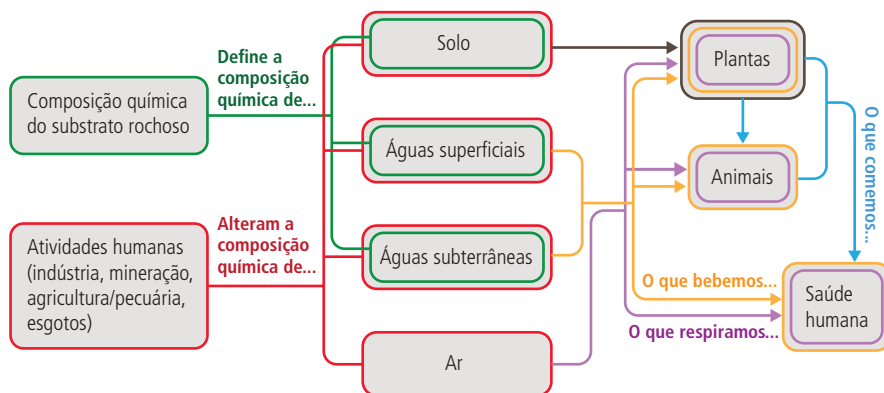
## 13.2 Ambiente geológico e saúde

A saúde depende, em grande parte, daquilo que comemos, bebemos e respiramos. Deficiências, excessos ou desequilíbrios na concentração de elementos químicos na comida, bebida ou no ar podem provocar alterações no equilíbrio de plantas e ter consequências na saúde de animais e humanos, provocando as chamadas doenças geoquímicas. Estas doenças ocorrem de forma heterogênea no Planeta. Populações residentes em locais onde as concentrações de determinado elemento estão acima ou abaixo dos valores médios podem desenvolver doenças associadas ao excesso ou à carência desse elemento **5**.



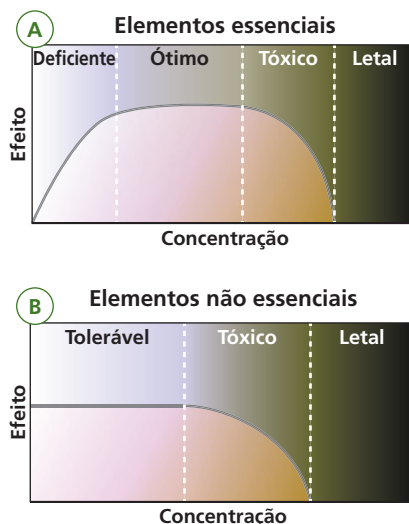
**5** Regiões pobres em iodo. A distribuição irregular do iodo na superfície terrestre está relacionada com a erosão dos solos pelas águas, que retiram iodo aos solos. Nos locais com maior carência de iodo, a incidência do bócio (doença provocada pela falta de iodo) é maior.

A qualidade do que comemos, bebemos e respiramos está diretamente relacionada com a composição do solo, da água e do ar. A composição química destes sistemas pode sofrer alterações, dependentes quer de algumas características locais, nomeadamente a composição do substrato geológico que esteve na base da formação do solo, quer da atividade humana (indústria, agricultura, pecuária, mineração ou esgotos domésticos) **6**.



**6** A disponibilidade dos elementos químicos varia de acordo com a composição química dos solos e com as atividades desenvolvidas pelo Homem e afeta a qualidade de vida de plantas, animais e do Homem em particular.





**7** Benefícios e malefícios dos elementos essenciais [A] e não essenciais [B] para a saúde, em função da dosagem.

## Efeitos da exposição a elementos químicos

Os elementos químicos entram no organismo por ingestão, inalação ou por absorção dérmica. Os organismos não necessitam de todos os elementos químicos na mesma proporção. Alguns são fundamentais para o seu equilíbrio; por isso, são designados por **essenciais**. Se as quantidades exigidas pelo organismo forem significativas (na ordem das 100 mg/dia), os elementos denominam-se **macronutrientes**. São exemplos de macronutrientes o cálcio, o cloro, entre outros. Se, apesar de essenciais, as quantidades ideais são menores (aproximadamente, 10 mg/dia), os elementos são designados por **micronutrientes**, como, por exemplo, o ferro e o iodo.

Há contudo outros elementos — os **não essenciais** — que os organismos só toleram em quantidades muito reduzidas, podendo ser, acima de determinados valores, tóxicos para os seres vivos, causando-lhes doenças. Exemplos destes últimos são o arsénio e o urânio.

É contudo de realçar que, qualquer elemento, essencial ou não, pode ser tóxico se os valores ingeridos forem superiores aos desejados **7**.

### ATIVIDADES

**1** O quadro seguinte representa a ação biológica de alguns elementos, bem como a dose recomendada por dia para a saúde de um ser humano adulto. Observa-o e responde às questões.

| ELEMENTO | DOSE RECOMENDADA | AÇÃO BIOLÓGICA NO SER HUMANO                                                                                                                          |
|----------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cálcio   | 800-1200 mg      | Entra na constituição de ossos e dentes. Controla o funcionamento de músculos, sistema nervoso e coagulação sanguínea.                                |
| Cloro    | 750-3600 mg      | Controla a quantidade de água nos seres vivos. Participa na digestão e assimilação de alimentos.                                                      |
| Ferro    | 10-15 mg         | Entra na constituição do sangue (glóbulos vermelhos). É importante na produção de energia e no funcionamento das defesas humanas.                     |
| Flúor    | 0,5-1,5 mg       | Entra na constituição de ossos e dentes.                                                                                                              |
| Iodo     | 150 µg           | Entra na constituição de uma hormona produzida na tiroide. É fundamental para o controlo da temperatura, o metabolismo, o crescimento e a reprodução. |
| Selénio  | 55-70 µg         | Previne doenças cardiovasculares e o cancro. Retarda o envelhecimento.                                                                                |

**1.1** De entre os elementos da tabela, identifica:

- a)** os macronutrientes;
- b)** os micronutrientes.

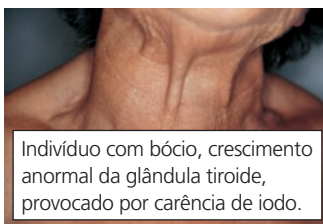
**1.2** Um indivíduo com anemia, doença que pode ser provocada pela insuficiência de ferro, apresenta vulgarmente a pele pálida, cansaço e fraqueza. Justifica os sintomas destes doentes.

**1.3** Justifica a seguinte afirmação: «A importância de um elemento não está diretamente relacionada com a quantidade em que deve ser ingerido.»

Como já foi referido, a disponibilidade dos vários elementos varia na superfície terrestre, sendo também heterogénea a incidência das doenças associadas ao seu excesso ou carência. Hoje em dia já é possível estabelecer a relação entre valores anormais de determinados elementos no ambiente e alterações no estado de saúde das populações.

### IODO

O gás de iodo é produzido nas regiões costeiras através da ação das ondas do mar. Este gás, que passa a integrar o ar destas regiões, combinado com a água, entra também na composição dos solos, vindo posteriormente a integrar a composição das plantas que neles crescem e dos animais que delas se alimentam. Desta forma se percebe que a disponibilidade de iodo é maior em regiões junto ao mar. Associada à heterogeneidade na distribuição de iodo, ocorre também uma desigual incidência de doenças como o bócio e o cretinismo, que são manifestações de carência de iodo no organismo humano. Atualmente, para colmatar a carência natural de iodo em regiões onde este não está disponível, adiciona-se este composto ao sal das cozinhas.



Indivíduo com bócio, crescimento anormal da glândula tireoide, provocado por carência de iodo.

### CHUMBO

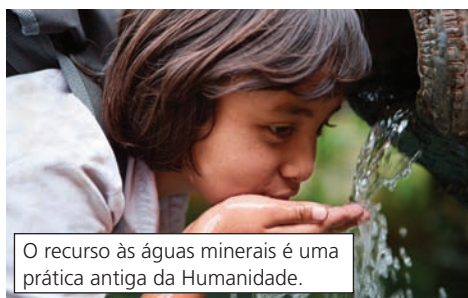
O chumbo foi usado, muito frequentemente no passado, para a construção de sistemas de canalização de água, como pigmento em muitas tintas ou como aditivo da gasolina. O contacto com valores elevados deste elemento causa distúrbios diversos na saúde humana, como, por exemplo, alterações no funcionamento do sistema nervoso, do trato gastrointestinal ou renal, afetando de forma mais grave os mais jovens. Atualmente existem normas internacionais para eliminar o chumbo da composição de tintas e gasolina, pelo que os níveis deste elemento na atmosfera têm diminuído.



Poeiras de demolição de casas antigas podem conter óxidos de chumbo.

### ÁGUAS MINERAIS

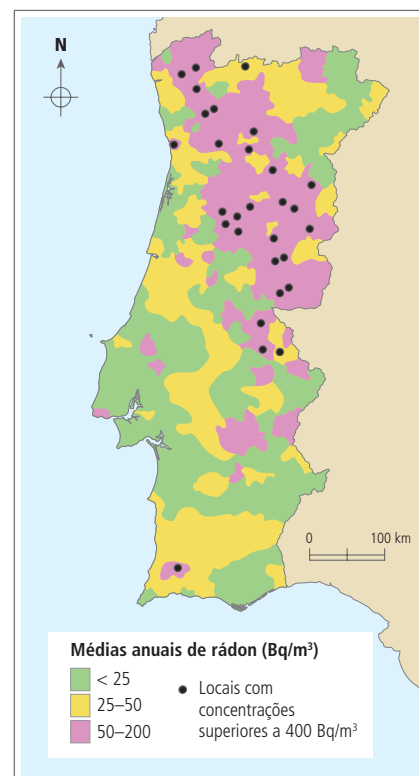
As águas minerais são águas que percorreram os maciços rochosos, em profundidade, incorporando sais minerais das rochas por onde passam, diferentes de acordo com as rochas e as temperaturas a que se expuseram. Esta adição de minerais confere propriedades únicas a estas águas, muito benéficas para a saúde.



O recurso às águas minerais é uma prática antiga da Humanidade.

### RÁDON

O rádon é um gás que resulta da desintegração natural do urânio, o qual se encontra essencialmente nas rochas graníticas. Existe na atmosfera em níveis de concentração variáveis, muito relacionados com o substrato rochoso dominante, mas normalmente baixos. Estes valores, contudo, podem elevar-se em espaços fechados, afetando moradores destas localidades. A inalação de valores elevados de rádon pode causar cancro dos pulmões.



Valores de rádon em Portugal continental. Os valores mais elevados de rádon coincidem com regiões onde abunda o granito.

Em suma, podemos afirmar que os fatores geológicos condicionam a distribuição heterogénea das doenças geoquímicas, pelo que se torna fundamental proceder à identificação das áreas onde as populações estão mais expostas a concentrações anormais de elementos, bem como propor medidas preventivas e corretivas que minimizem os efeitos nefastos da exposição a estes elementos.

## ATIVIDADES

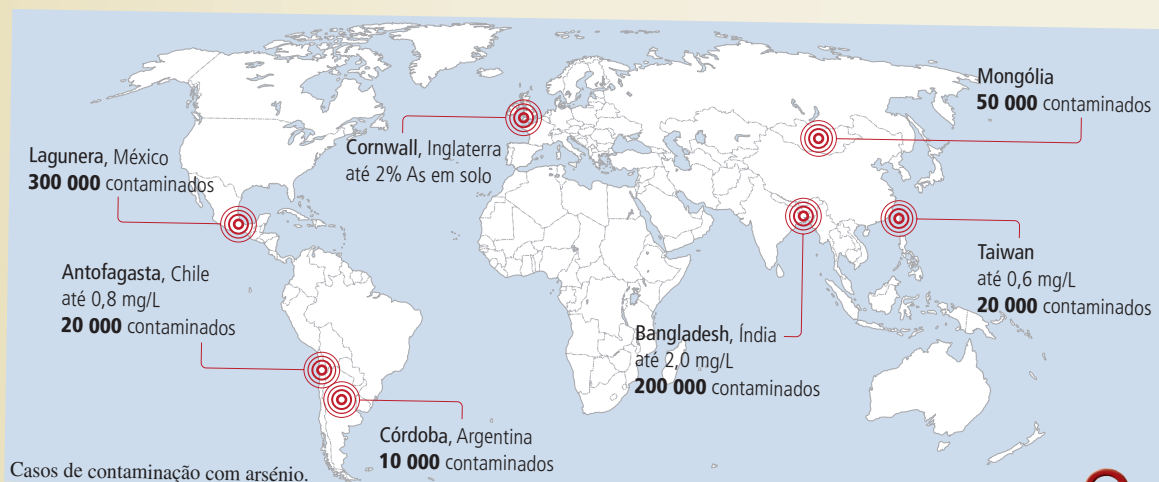
- 1 Analisa os documentos e responde às questões.

### Arsénio

O arsénio está presente em diferentes rochas e solos, sendo, por exemplo, os minerais de quartzo com enxofre ricos neste elemento. O contacto permanente e prolongado da água com estes solos pode levar o arsénio a dissolver-se na água e contaminá-la. Segundo a OMS, a água que contém valores superiores a 0,01 mg/L de arsénio é considerada poluída e não é aconselhável a sua ingestão, dado que este elemento, em

excesso, pode provocar, entre outras doenças, lesões na pele, perturbações do sistema nervoso e cancro.

Além da natural composição de alguns solos, algumas atividades humanas, como, por exemplo, a extração mineira, a agricultura que recorre a pesticidas com arsénio ou a lixiviação de resíduos perigosos, podem contribuir para aumentar a contaminação de solos e, consequentemente, da água.



### Bangladeche — o maior envenenamento da história

Antes de 1970 os habitantes do Bangladeche bebiam água da superfície. Na altura, 250 mil crianças morriam anualmente por diarreia provocada por microrganismos na água. O governo e a Unicef colocaram então em marcha um programa para que as pessoas se habituassem a beber água dos poços, e 95 % da população passou a fazê-lo. Contudo, estas águas subterrâneas continham valores muito elevados de arsénio (2 mg/L), pelo que a população começou a revelar sintomas de intoxicação deste elemento. Os primeiros sintomas surgiram no prazo de oito a vinte anos: manchas na pele, sensação de ardor, cansaço crónico, perda de sensibilidade nas extremidades, gangrena nos órgãos internos, que nalguns casos evoluiu para cancro, principalmente de pele, bexiga e pulmões. O governo do Bangladeche reconheceu que estão a ser tratados 38 mil pacientes por patologias relacionadas com arsénio.

(Adaptado de [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/18504/1/13%C2%BA%20ENaSB\\_Cunha%20%26%20Duarte\\_artigo.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/18504/1/13%C2%BA%20ENaSB_Cunha%20%26%20Duarte_artigo.pdf))

- 1.1 Quais são as origens do arsénio ingerido pelos seres humanos?
- 1.2 Enumera consequências da ingestão de arsénio em excesso.
- 1.3 Critica a medida tomada pelo governo do Bangladeche e pela Unicef na década de 1970.



### RECURSOS NATURAIS:

- são limitados;
- muitos são gerados por processos geológicos extremamente lentos, o que não é compatível com a velocidade a que são utilizados;
- alguns foram originados por uma conjugação de circunstâncias muito particular e, por isso, difícil de repetir, ou seja, a formação de certos recursos só acontece uma vez.

### O HOMEM:

- é totalmente dependente do Planeta: ar, água, solo, minerais, energia, outros seres vivos;
- o excesso de habitantes origina uma maior produção de alimentos e de resíduos, e uma maior procura de recursos e de espaço;
- muitas das suas ações são, por si só, quase inconsequentes, mas, quando repetidas inúmeras vezes, os seus impactos são imprevisíveis e, por vezes, devastadores.



«Sustentabilidade é a capacidade de o ser humano interagir com o mundo, preservando o meio ambiente para não comprometer os recursos naturais das gerações futuras.»

(<http://pt.wikipedia.org>)

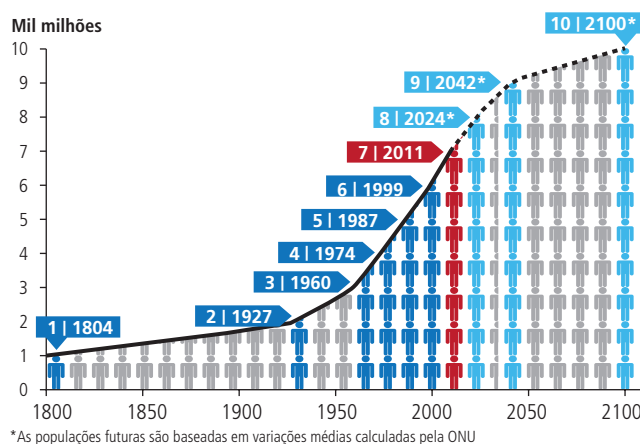
### PROBLEMAS AMBIENTAIS:

- diminuição da diversidade de seres vivos;
- erosão e desertificação dos solos;
- esgotamento das reservas subterrâneas de água doce;
- poluição do solo, do ar e da água;
- esgotamento dos recursos energéticos e dos minerais não renováveis;
- aquecimento global;
- aumento dos resíduos;
- deterioração da saúde humana.

## Crescimento populacional e o futuro dos recursos naturais

A população mundial está a crescer a um ritmo sem precedentes (cerca de 1,2 % por ano), sendo os países em desenvolvimento aqueles que mais contribuem para tal. Segundo as previsões da ONU, no final do século XXI seremos cerca de 10 000 milhões a habitar o Planeta . Além disso, a população mundial está a envelhecer: atualmente existem no mundo 893 milhões de pessoas com mais de 60 anos, mas, até metade deste século, prevê-se que esse número chegue aos 2400 mil milhões.

Seremos capazes de viver de forma sustentável? Seremos capazes de satisfazer as nossas necessidades de comida, água potável, ar puro, habitação e outros recursos básicos sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem as suas necessidades e sem comprometer o ambiente?

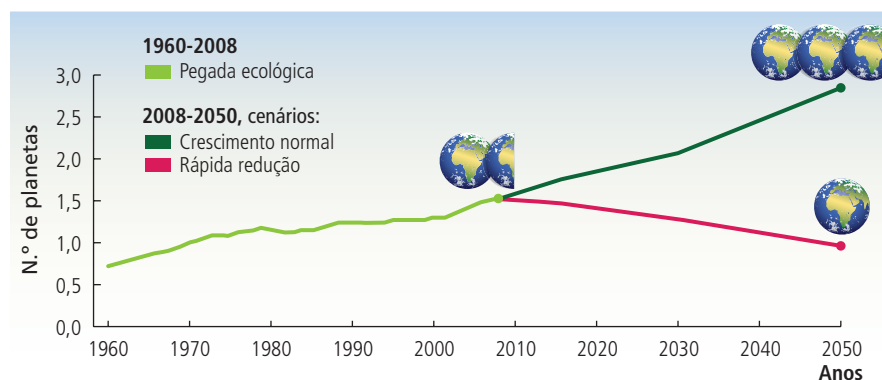


 Crescimento da população mundial.

Imaginemos que herdaste 50 000 euros e que os depositaste no banco. Podes agir de duas maneiras: vais gastando esse dinheiro sem te preocupares com o futuro, ou vives apenas dos rendimentos que esse dinheiro vai dando. Se optares pelo primeiro caminho, o dinheiro esgota-se e a fonte de rendimentos também, ficas sem nada. Se optares pelo segundo caminho, vais continuar a ter a tua fonte de rendimentos, assegurando assim o teu futuro e o dos teus descendentes. Com o Planeta deves agir de forma idêntica, não esgotando ou degradando os recursos naturais, pois são eles que asseguram os teus rendimentos e os das gerações futuras .

### ATIVIDADES

-  De acordo com o gráfico, se mantivermos o estilo de vida atual, de quantos planetas vamos precisar em 2050?
-  Aponta algumas soluções que possam contribuir para inverter o cenário anterior.



 Partilhamos o Planeta com outros seres vivos, pelo que devemos deixar às gerações futuras um planeta com tantos recursos como aqueles que nos foram legados.

## ■ Caminho para a sustentabilidade — que soluções?

O primeiro passo para a sustentabilidade passa por compreender a interação Homem-ambiente, reconhecendo a importância dos recursos naturais e dos serviços prestados pelo Planeta.

**Sustentabilidade** — *sustainability*

A Geologia e a Ciência em geral, associadas à tecnologia, têm um papel fundamental neste caminho, uma vez que a sustentabilidade está dependente de atividades geológicas e requer um conhecimento dos processos naturais que ocorrem à superfície do Planeta.

Sendo o Homem utilizador dos recursos naturais e sendo parte integrante do ciclo geológico, ele deve encontrar soluções e assumir compromissos, quer enquanto indivíduo quer em sociedade, produzindo ações que não comprometam o meio ambiente.

### **Práticas socioeconômicas sustentáveis:**

- Maior responsabilização dos países: os industrializados têm de reduzir o desperdício e o consumo exagerado dos recursos naturais, e os países em desenvolvimento não podem repetir os comportamentos usados até aqui pelos países industrializados.
- Monitorizar o Planeta para se fazerem previsões que levem os governos a tomar decisões que visem a sustentabilidade.
- Estimular o desenvolvimento científico e tecnológico para criar produtos e processos com menor custo ambiental, e para ajudar as empresas a implementarem práticas sustentáveis.
- Solidariedade entre países, entre ricos e pobres, e também entre gerações.
- Ordenar o território e os seus recursos, definindo zonas destinadas às diferentes atividades humanas e controlando a ocupação de zonas de risco pelo Homem, de modo a evitar muitos prejuízos causados pelas catástrofes naturais.



**10** Práticas socioeconômicas sustentáveis: reflorestação [A]; painéis solares [B].



### Práticas tecnológicas sustentáveis:

- Reduzir a atividade mineira e a dependência dos recursos minerais investindo na reciclagem industrial e apostando em novos materiais sintéticos, com menor custo ambiental.
- Aumentar a utilização das energias renováveis, sustentáveis e de impacto ambiental mínimo.
- Gerir corretamente os recursos hídricos e os solos, fazendo agricultura sustentável.
- Investir mais na prevenção e previsão das catástrofes naturais.



**11** Tecnologias sustentáveis: reciclagem industrial [A]; energia eólica [B].

### Práticas educativas sustentáveis:

- Mudar valores e atitudes a fim de transformar os atuais padrões de consumo exagerado e evitar o desperdício dos recursos.
- Formar uma atitude ecológica que vise o consumo de produtos que causem o mínimo impacto no ambiente.
- Promover a cidadania ambiental com sociedades informadas e participativas, capazes de influenciar os governantes na tomada de decisões.



**12** Educação sustentável: práticas sustentáveis de cultivo [A]; separação do lixo [B]; circulação de bicicleta [C].

## Contributo da Geologia para a sustentabilidade da vida na Terra

A Geologia é a ciência que estuda o planeta Terra.

A Terra é um **sistema**, pois é constituída por outros sistemas interligados que se influenciam mutuamente — **subsistemas** litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera —, todos eles essenciais à existência de vida.

Tudo o que o Homem retira da Natureza para satisfazer as suas necessidades é considerado um **recurso**.

Um recurso é **renovável** se for consumido a um ritmo semelhante ou inferior ao da sua formação e é **não renovável** se for consumido a um ritmo superior ao da sua formação.

As atividades envolvidas na procura e utilização de recursos libertam para o ambiente produtos não aproveitados ou alterados — os **resíduos**.

Os diversos subsistemas são constituídos por elementos químicos, que se encontram nos alimentos, na água e no ar, entrando no organismo por ingestão, inalação ou por absorção dérmica.

A deficiência, o excesso ou o desequilíbrio na concentração de certos elementos químicos dá origem a **doenças geoquímicas**.

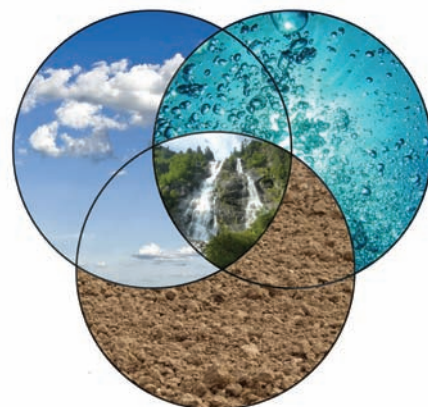
Existem elementos químicos que são fundamentais para o equilíbrio do organismo e que, por isso, se denominam **essenciais**. Há outros que o organismo só tolera em quantidades muito reduzidas, por isso se denominam **não essenciais**.

Os elementos essenciais podem ser **macronutrientes**, se as quantidades exigidas forem significativas, ou **micronutrientes**, se essas quantidades forem menores.

O Homem é totalmente dependente dos recursos do Planeta, nomeadamente do ar, da água, do solo, dos minerais, da energia e dos outros seres vivos.

O excesso de habitantes origina uma maior produção de alimentos e de resíduos, e uma maior procura de recursos e de espaço.

Através de práticas socioeconómicas sustentáveis, da inovação tecnológica e da mudança de atitudes, o Homem deve ser capaz de assegurar a **sustentabilidade**, preservando o meio ambiente, para não comprometer os recursos naturais das gerações futuras.





# AVALIA CONHECIMENTOS

**1** Observa com atenção as figuras e responde às questões.



**1.1** Identifica os recursos das figuras que são/tendem:

- a)** renováveis. **c)** a diminuir.  
**b)** não renováveis. **d)** a manter-se constantes.

**1.2** Indica os recursos que pertencem à atmosfera, à hidrosfera e à litosfera.

**2** Analisa os documentos com atenção e responde às questões.

O flúor é essencial para a saúde humana, principalmente para a preservação dos dentes e dos ossos. Estudos-piloto efetuados nos EUA e no Canadá, na primeira metade do séc. xx, demonstraram-no e, como consequência, muitos países desenvolveram métodos de fluoretação das águas que fornecem às suas populações, esperando desta forma diminuir a incidência de cáries dentárias. Contudo, veio a ser demonstrado que, quando ingerido em excesso, o flúor pode provocar lesões que vão desde a fluorose dentária (os dentes ficam manchados e frágeis) até à fluorose esquelética (desde dores nas costas e pescoço até deformações irreversíveis no esqueleto). Esta última doença, rara na Europa e América do Norte, é endémica em países como a China e Índia, cujos solos resultam de rochas magmáticas muito ricas em minerais com flúor, possuindo, como tal, valores muito elevados de flúor nas águas.

Atualmente percebeu-se que a fluorose dentária aumentou significativamente em muitos países que procediam a fluoretação das águas, tendo alguns interrompido tal processo. Hoje em dia sugere-se uma monitorização cuidada da fluoretação das águas ou o recurso a pastas dentífricas fluoretadas.

## EFEITOS DA CONCENTRAÇÃO DE FLÚOR NA ÁGUA E EFEITOS NA SAÚDE

| Concentração mg/L | 0,0                       | 0,0 – 0,5        | 0,5 – 1,5    | 1,5 – 4                   | 4 – 10                                  | >10                                                 |
|-------------------|---------------------------|------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Efeitos na saúde  | Limitações no crescimento | Não evita cáries | Evita cáries | Provoca fluorose dentária | Provoca fluorose dentária e esquelética | Provoca fluorose dentária e esquelética deformante. |



- 2.1** Como varia a incidência de cáries dentárias com a concentração de flúor?
- 2.2** Como varia a incidência de fluorose com a concentração de flúor?
- 2.3** Atualmente existe uma corrente de opinião que defende que a fluoretação da água deve ser abandonada, devendo os cidadãos, individualmente, decidirem se devem ou não suplementar a sua dieta com flúor. Qual é a tua opinião relativamente a esta questão?

**3** Lê o texto com atenção e responde às questões.

## O Atlas dos Solos de África

O Atlas dos Solos é o resultado da colaboração entre a União Europeia, a União Africana e a Organização para a Alimentação e a Agricultura das Nações Unidas. Visa apoiar e incentivar a utilização sustentável dos recursos dos solos em África e a Parceria Mundial sobre Solos para a Segurança Alimentar.

O objetivo é promover a sensibilização, desde os políticos até ao público em geral, sobre a importância deste recurso natural vital não renovável, que são os solos.

Na apresentação do Atlas, a comissária europeia responsável pela Ação Climática, Connie Hedegaard, declarou: «Os solos de

África têm um papel crucial a desempenhar nas políticas de atenuação das alterações climáticas e de adaptação às mesmas e constituem a base do desenvolvimento sustentável e da segurança alimentar. A produtividade das terras é fundamental para atingir muitos dos Objetivos de Desenvolvimento do Milénio.»

No continente africano, os desertos e as terras secas representam 60 % da superfície, com uma população superior a mil milhões de habitantes. Grande parte das restantes terras é constituída por solos antigos e altamente erodidos, que exigem uma especial atenção para utilização na agricultura.

O aumento da população e da urbanização, associado a desafios económicos contraditórios (cultivo de culturas de rendimento para exportação, produção de biocombustíveis, conservação da biodiversidade, extração mineira, captura de carbono), aumenta a pressão, que já é grande, sobre os solos.

Solos férteis e produtivos são fatores essenciais para combater a fome e constituem um desafio especial em África, tendo em conta que, em muitas regiões, o ritmo de aplicação de adubos não consegue compensar a perda de nutrientes dos solos.

### Factos-chave sobre o Atlas

98 % das calorias consumidas em África têm origem nos recursos dos solos africanos.

A matéria orgânica no solo pode armazenar mais de dez vezes o seu peso de água, o que reduz o risco de cheias e protege as reservas de água subterrâneas.

Os solos de África armazenam cerca de 200 gigatoneladas de carbono orgânico — 2,5 vezes mais do que o contido nas plantas do continente.

Os solos da floresta tropical não são naturalmente férteis, necessitando de adições constantes de matéria orgânica proveniente da vegetação natural. A desflorestação quebra este ciclo.

Mais de metade dos solos africanos são solos arenosos (22 %), solos pedregosos pouco profundos (17 %) e solos jovens pouco desenvolvidos (11 %).

(Adaptado de <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=57557&op=all>, consultado a 29-04-2013)

- 3.1** Qual é o objetivo do Atlas dos Solos de África?
- 3.2** Como classificas o recurso de que trata o texto?
- 3.3** Identifica algumas causas da degradação dos solos.
- 3.4** Justifica a seguinte afirmação do texto: «Os solos de África têm um papel crucial na atenuação das alterações climáticas e constituem a base do desenvolvimento sustentável.»

## 1. Trabalho prático da página 48



### Legenda:

1. Castanho — continentes.
2. Branco — áreas ocupadas por glaciares.
3. Laranja — distribuição do fóssil do réptil *Cynognatus*.
4. Verde — distribuição do fóssil do feto *Glossopteris*.
5. Vermelho — distribuição do fóssil do réptil *Lystrosaurus*.
6. Azul — distribuição do fóssil do réptil *Mesosaurus*.

## 2. A prevenção e a proteção sísmicas

| MEDIDAS DE AUTOPROTEÇÃO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Regras a cumprir antes de um sismo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Regras a cumprir durante um sismo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Regras a cumprir depois de um sismo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Armazene água em recipientes de plástico fechados e alimentos enlatados para 2 ou 3 dias. Renove-os de tempos a tempos. Tenha à mão os medicamentos correntes mais necessários.</li> <li>• Tenha à mão uma lanterna elétrica, um rádio portátil e pilhas de reserva para ambos, bem como um extintor (verifique o prazo de validade) e um estojo de primeiros socorros.</li> <li>• Prepare a sua casa de forma a facilitar os movimentos, fixe as estantes e coloque os objetos pesados ou de grande volume no chão ou nas prateleiras mais baixas.</li> <li>• Ensine todos os familiares a desligar a eletricidade e/ou cortar a água e o gás.</li> <li>• Tenha à mão agasalhos e sapatos resistentes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Evite o pânico. Mantenha a serenidade e acalme as outras pessoas.</b></li> <li>• <b>Se está dentro de casa ou dentro de um edifício:</b><br/>Não se precipite para as escadas e nunca utilize elevadores. Mantenha-se afastado de janelas, espelhos e chaminés. Abrigue-se no vão de uma porta interior, nos cantos das salas ou debaixo de uma mesa ou cama. Tenha cuidado com a queda de candeeiros, móveis ou outros objetos.</li> <li>• <b>Se está na rua:</b><br/>Dirija-se para um local aberto, com calma e serenidade. Não corra nem ande a vaguear pelas ruas. Mantenha-se afastado dos edifícios, sobretudo dos velhos, altos ou isolados, dos postes de eletricidade e de outros objetos que lhe possam cair em cima.<br/>Enquanto durar o sismo não vá para casa.</li> <li>• <b>Se está a conduzir:</b><br/>Pare a viatura longe de edifícios, muros, taludes, postos e cabos de alta tensão e permaneça dentro dela.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mantenha a calma e conte com a ocorrência de possíveis réplicas.</b></li> <li>• Corte a água, o gás e a eletricidade. Não fume, nem acenda fósforos ou isqueiros. Pode haver fugas de gás ou curto-circuitos. Utilize lanternas a pilhas.</li> <li>• Não se precipite para as escadas ou saídas. Nunca utilize elevadores.</li> <li>• Calce sapatos e proteja a cabeça e a cara com um casaco, uma manta, um capacete ou um objeto resistente e prepare agasalhos se o tempo o aconselha.</li> <li>• Verifique se há feridos e preste os primeiros socorros se souber. Se houver feridos graves, não os remova, a menos que corram perigo.</li> <li>• Avise as equipas de salvamento se houver pessoas soterradas.</li> <li>• Verifique se há incêndios. Tente apagá-los. Se não conseguir, alerte os bombeiros.</li> <li>• Ligue o rádio e cumpra as recomendações que forem difundidas. Limpe urgentemente os produtos inflamáveis que tenham sido derramados (álcool, tintas, etc.).</li> <li>• Afasto-se das praias e das margens dos rios; pode ocorrer um <i>tsunami</i>.</li> <li>• Evite passar por onde haja fios elétricos soltos e tocar em objetos metálicos em contacto com eles.</li> <li>• Não beba água de recipientes abertos.</li> <li>• Se a sua casa se encontrar muito danificada, terá de a abandonar.</li> <li>• Reúna os recipientes com água, alimentos e medicamentos vulgares e especiais (cardíacos, diabéticos, etc.).</li> <li>• Não ocupe edifícios com grandes estragos nem se aproxime de estruturas danificadas.</li> <li>• Corresponda aos apelos que forem divulgados e, se possível, colabore com as equipas de socorro.</li> <li>• Não circule pelas ruas para observar o que aconteceu. Liberte-as para as viaturas de socorro.</li> </ul> |



## \*GLOSSÁRIO

### A

**Aparelho vulcânico** — Estrutura vulcânica que forma o vulcão.

**Areia** — Sedimento originado a partir da alteração física e química de rochas preexistentes, constituído por fragmentos de dimensão entre 2 e 1/16 mm.

**Arenito** — Rocha sedimentar detrítica consolidada, de cor variável, resultante da cimentação de areia.

**Argila** — Sedimento originado a partir da meteorização física e química de rochas preexistentes ricas em feldspatos e outros silicatos, constituído por partículas de dimensões inferiores a 1/16 mm.

**Argilito** — Rocha sedimentar detrítica consolidada, de cor variável, resultante da compactação de argila, macia ao tato e que cheira a barro quando bafejada.

**Astenosfera** — Camada menos rígida parcialmente viscosa, constituída por rochas parcialmente fundidas, que se estende até aos 350 a 500 km. Está incluída no manto.

**Atmosfera** — Camada gasosa que envolve a Terra, constituída por azoto, oxigénio e outros gases em menor quantidade, nomeadamente dióxido de carbono e vapor de água.

### B

**Basalto** — Rocha magmática vulcânica muito abundante, de cor escura e textura agranular, constituída por plagioclase, olivina e piroxenas.

**Biosfera** — Conjunto de todos os ecossistemas, aquáticos e terrestres.

**Bloco pedunculado** — Estrutura rochosa formada pela erosão diferencial causada pelo vento.

**Brilho** — Característica que ajuda a identificar um mineral e que corresponde à forma como a superfície do mineral reflete a luz.

### C

**Calcário** — Rocha sedimentar quimiogénica formada pelo mineral calcite (carbonato de cálcio), podendo apresentar várias cores.

**Calcário conquífero** — Rocha sedimentar biogénica formada por restos de conchas.

**Calcário recifal** — Rocha sedimentar biogénica formada por restos de organismos recifais, como os corais.

**Caldeira vulcânica** — Grande estrutura vulcânica de colapso, mais ou menos circular, localizada sobre uma câmara magmática.

**Câmara magmática** — Reservatório localizado em zonas profundas da crosta ou na parte superior do manto onde se acumula o magma.

**Caos de blocos** — Paisagem característica do granito, formada por blocos de granito arredondados, ora dispersos ora amontoados.

**Carvão** — Rocha sedimentar biogénica formada por restos de plantas que sofreram decomposição lenta em ambientes aquáticos pouco profundos e pouco oxigenados e, posteriormente, litificado pela diagénese.

**Cenozoico** — Última Era (etapa) da história da Terra.

**Chaminé vulcânica** — Canal que, num aparelho vulcânico, liga a câmara magmática à superfície.

**Chaminés de fada** — Paisagem sedimentar formada por estruturas cónicas originadas pela ação erosiva da água da chuva em rochas detríticas heterogéneas.

**Cimentação** — Etapa da diagénese que consiste no preenchimento dos espaços entre os sedimentos por um cimento formado por substâncias minerais precipitadas a partir da água.

**Clivagem** — Propriedade que alguns minerais apresentam e que consiste na sua fragmentação, originando superfícies planas com orientação específica.

**Compactação** — Força exercida nos sedimentos pelo peso dos sedimentos suprajacentes, causando a expulsão de água e a diminuição de volume com a consequente coesão dos sedimentos.

**Cone vulcânico** — Estrutura cónica que rodeia a cratera e que resulta da acumulação de materiais expelidos pelo vulcão.

**Conglomerado** — Rocha sedimentar detrítica consolidada, formada por seixos e cascalho arredondados, maiores do que 2 mm, unidos por um cimento.

**Conservação** — Processo de fossilização em que se conserva a composição dos restos do organismo e que, em condições muito excecionais, permite a conservação de partes moles, chegando a preservar-se a totalidade do organismo.

**Cor** — Característica que pode ajudar a identificar um mineral e que resulta da sua constituição química.

**Correntes de convecção** — Movimento do material que constitui a astenosfera, que consiste na ascensão de material quente até à superfície, onde é continuamente deslocado e arrefecido, acabando por submergir em profundidade.

**Cratera** — Abertura em forma de funil, no final da chaminé por onde saem os materiais vulcânicos.

**Crosta continental** — Camada superficial da Terra, em domínio continental, constituída, essencialmente, por granito, com cerca de 15 a 75 km de espessura e pouco densa.

**Crosta oceânica** — Camada superficial da Terra, em domínio oceânico, constituída, essencialmente, por basalto, com 7 a 10 km de espessura e densidade elevada.

**Crosta terrestre** — Camada superficial da Terra que comporta a crosta continental e a crosta oceânica.

### D

**Datação absoluta ou radiométrica**

— Valor em Ma ou ka de uma rocha pela aplicação de um método que determina a idade absoluta das rochas.

**Datação relativa** — Determinação da idade de um corpo rochoso por comparação com outros, o qual se pode considerar «mais antigo do que...», «contemporâneo de...» ou «mais recente do que...».

**Deposição** — Etapa de formação das rochas sedimentares que consiste na acumulação de sedimentos por sobreposição.

**Diagénese** — Transformação dos sedimentos em rocha sedimentar consolidada.

**Disjunção prismática do basalto** —

Estruturas basálticas hexagonais que resultam da formação de fissuras poligonais causadas pela contração da lava durante o seu rápido arrefecimento.

**Dobra** — Estrutura enrugada que resulta da deformação de rochas com comportamento plástico quando sujeitas a forças de compressão.

**Dorsal oceânica** — Cadeia montanhosa que se situa sensivelmente a meio dos fundos oceânicos, acompanhando os limites dos continentes.

**Dureza** — Capacidade de o mineral resistir a ser riscado e que reflete a intensidade das ligações químicas entre os seus átomos.

### E

**Endosfera externa** — Nível da Terra de consistência líquida que se encontra entre os 2900 e os 5150 km de profundidade.

**Endosfera interna** — Nível mais interno da Terra, com consistência sólida.

**Epicentro** — Local à superfície terrestre que fica na vertical do hipocentro.

**Era geológica** — Grande intervalo de tempo geológico, que se subdivide em períodos.

**Erosão** — Remoção dos fragmentos alterados das rochas, pelos agentes erosivos (vento, água, gelo, seres vivos e gravidade).

**Erupção efusiva** — Erupção vulcânica associada a magmas pouco viscosos e pobres em gases.

**Erupção explosiva** — Erupção vulcânica associada a magmas muito viscosos e ricos em gases.

**Escala de Mohs** — Escala que permite avaliar a dureza de um mineral.

**Escala de Richter** — Escala que permite avaliar a magnitude de um sismo.

**Escala macrossísmica europeia** — Escala que permite avaliar a intensidade de um sismo.

**Estalactite** — Estrutura sedimentar tubular que se forma no teto de uma gruta e que resulta da deposição da calcite transportada pela água que vai pingando do teto da gruta.

**Estalagmite** — Estrutura sedimentar que se forma a partir do chão de uma gruta e que resulta da deposição da calcite transportada pela água que goteja do teto da gruta.

**Evaporito** — Rocha sedimentar quimiogénica que se forma por evaporação da água do mar ou de lagos salgados, em condições áridas.

**Extinção em massa** — Desaparecimento de todos os seres vivos de várias espécies num determinado momento geológico.

**F**

**Falha** — Fratura ao longo da qual se produz o movimento de massas rochosas e que pode resultar de forças compressivas ou distensivas.

**Foliação** — Disposição de certos minerais em planos mais ou menos paralelos em algumas rochas metamórficas, que lhes dá um aspeto laminado característico.

**Fossa oceânica** — Zona do fundo oceânico de grande profundidade onde a crosta oceânica mergulha sob a continental, ocorrendo a destruição da primeira.

**Fóssil** — Vestígio de organismo do passado conservado numa rocha contemporânea desse ser vivo.

**Fóssil de ambiente** — Fóssil que permite caracterizar o ambiente em que a rocha que o envolve se formou, pois pertence a uma espécie que necessitava de condições ambientais muito específicas.

**Fóssil de fácies** — Fóssil de ambiente.

**Fóssil de idade** — Fóssil que permite datar as rochas em que se encontra, pois pertence a uma espécie que existiu durante um curto período de tempo e teve uma ampla distribuição geográfica.

**Fossilização** — Processo de formação de fósseis.

**Fratura** — Característica de um mineral que fragmenta numa qualquer direção sem formar superfícies planas.

**Fumarola** — Manifestação de vulcanismo secundário que consiste na libertação de vapor de água e outros gases a temperaturas muito elevadas.

**G**

**Géiser** — Jato intermitente e periódico de água quente e vapor de água, que pode ocorrer em regiões vulcânicas.

**Geotermia** — Calor interno da Terra, que, em certas condições, pode ser aproveitado para aquecimento e produção de energia elétrica.

**Gnaiss** — Rocha metamórfica com foliação e bandado de colorações alternadas.

**Granito** — Rocha magmática plutónica muito abundante, de cor clara e textura granular e constituída por quartzo, feldspato e micas.

**Gruta** — Cavidade natural rochosa.

**H**

**Halite** — Também designada por sal-gema.

**Hidrosfera** — Componente do sistema Terra que engloba toda a água, no estado líquido e sólido, existente no Planeta.

**Hipocentro** — Local em profundidade onde se dá a libertação da energia responsável pelo sismo.

**I**

**Ícnofósseis** — Fósseis que constituem vestígios da atividade de organismos.

**Intensidade sísmica** — Medida dos efeitos provocados por um sismo nas populações, nas construções e no ambiente.

**Isossista** — Linha curva que une, num mapa, pontos de igual intensidade sísmica.

**L**

**Lapiás** — Paisagem sedimentar originada pela dissolução superficial da rocha calcária por ação da água da chuva rica em dióxido de carbono.

**Lava** — Material viscoso libertado pelo vulcão que tem origem no magma quando este vai perdendo gases durante a subida pela chaminé.

**Limite convergente** — Limite entre placas que se aproximam uma da outra e onde ocorre destruição de litosfera.

**Limite divergente** — Limite entre placas que se afastam uma da outra e onde ocorre formação de litosfera.

**Limite transformante** — Limite entre placas que deslizam uma em relação à outra, não ocorrendo nem formação nem destruição de litosfera.

**Litosfera** — Camada mais superficial da Terra, de consistência sólida, que se estende até cerca de 100 a 200 km. Inclui a crosta e a zona superficial do manto.

**M**

**Magma** — Mistura constituída por rochas fundidas, gases e alguns constituintes das rochas no estado sólido, que está a uma pressão elevada e a uma temperatura entre os 800 °C e os 1200 °C no interior da Terra.

**Magnitude** — Medida de energia libertada no hipocentro de um sismo.

**Manto** — Camada interna da Terra constituída por peridotito que se estende da base da crosta até aos 2900 km de profundidade.

**Marcas fósseis** — Vestígios de organismos já extintos. O mesmo que ícnofóssil.

**Mármore** — Rocha metamórfica proveniente do calcário, constituída por cristais de calcite de grandes dimensões e que, geralmente, não apresenta foliação.

**Mesosfera** — Camada abaixo da astenosfera, constituída por materiais sólidos, que atinge a profundidade de 2900 km. Corresponde à restante porção do manto.

**Mesozoico** — Era (etapa) da história da Terra anterior ao Cenozoico e posterior ao Paleozoico.

**Metamorfismo** — Conjunto de alterações que podem ocorrer em qualquer tipo de rocha, no estado sólido, devido ao aumento de valores de temperatura e/ou de pressão no interior da Terra.

**Mineral** — Substância sólida que ocorre de forma natural, inorgânica, com constituição química definida e estrutura interna cristalina.

**Mineralização** — Processo de fossilização em que as substâncias que compõem os restos dos organismos são substituídas por minerais, dissolvidos na água.

**Mofeta** — Fumarola em que o gás libertado predominante é o dióxido de carbono.

**Moldagem** — Processo de fossilização em que, após a decomposição das partes moles de um organismo vivo e o desaparecimento das conchas ou carapaças, fica na rocha um molde das suas partes duras.

**N**

**Nascente termal** — Manifestação de vulcanismo secundário caracterizado pela libertação de água quente rica em sais minerais.

**Núcleo** — Camada mais interna da Terra, de constituição metálica e de densidade muito elevada. Subdivide-se em núcleo externo e núcleo interno.

**Núcleo externo** — Camada mais exterior do núcleo da Terra.

**Núcleo interno** — Camada mais interior do núcleo da Terra.

**Nuvem ardente** — Mistura de piroclastos de dimensões variadas e gases a elevadas temperaturas, que pode atingir velocidades da ordem dos 300 km/h e que tem grande poder destrutivo.

## O

**Onda sísmica** — Vibração dos materiais constituintes da Terra devido à libertação de energia no foco de um sismo.

## P

**Paisagem geológica** — Aspeto característico de uma determinada região onde predomina um dado tipo de rocha.

**Paleoambiente** — Ambiente do passado.

**Paleomagnetismo** — Registo do campo magnético nas rochas; permite perceber as variações do campo magnético terrestre.

**Paleontologia** — Ciência que estuda a vida do passado da Terra.

**Paleozoico** — Era (etapa) da história da Terra anterior ao Mesozoico e posterior ao Pré-Câmbrico.

**Pangeia** — Antigo continente que correspondia à união de todos os continentes atuais. Formado no fim do Paleozoico.

**Período geológico** — Divisão da era, etapa de tempo da história da Terra.

**Piroclastos** — Fragmentos de lava expulsos durante uma erupção e que, geralmente, solidificam antes de atingirem o solo.

**Placa litosférica** — Fragmento da litosfera que se move sobre a astenosfera; as placas litosféricas crescem a partir da ascensão de magma da astenosfera e são destruídas em locais de choque entre placas.

**Planície abissal** — Região plana e extensa do fundo oceânico que ladeia a dorsal oceânica.

**Pré-Câmbrico** — Grande etapa da História da Terra.

**Princípio da sobreposição dos estratos** — Princípio geológico formulado por Steno que refere que um estrato é mais antigo do que outro que se situa por cima, e mais recente do que um outro que esteja por baixo de si.

## R

**Regressão marinha** — Deslocação da linha de costa em direção ao mar (ou continente afora).

**Réplica** — Abalo sísmico de menor intensidade que sucede ao abalo principal.

**Rifte oceânico** — Vale situado na região central da dorsal oceânica e de onde é expelido magma astenosférico.

**Rocha** — Agregado de um ou mais minerais.

**Rocha extrusiva** — Rocha que resulta da solidificação do magma perto da superfície ou mesmo no exterior.

**Rocha intrusiva** — Rocha que resulta da solidificação lenta do magma em profundidade.

**Rocha magmática** — Rocha que resulta diretamente da solidificação do magma.

**Rocha metamórfica** — Rocha que resulta de transformações da estrutura e/ou da composição mineralógica das rochas quando submetidas ao aumento do calor e da pressão do interior da Terra.

**Rocha plutónica** — O mesmo que rocha intrusiva.

**Rocha sedimentar** — Rocha resultante de um de vários mecanismos de geodinâmica externa.

**Rocha sedimentar biogénica** — Rocha que resulta da consolidação de restos de seres vivos, como, por exemplo, restos de conchas, de corais e de plantas.

**Rocha sedimentar detrítica** — Rocha formada, geralmente, a partir de detritos ou fragmentos de rochas preexistentes, que podem ou não sofrer diagénese, dando origem, respetivamente, a rochas detríticas consolidadas e não consolidadas.

**Rocha sedimentar quimiogénica** — Rocha formada por precipitação de sais minerais que se encontram dissolvidos na água.

**Rocha vulcânica** — O mesmo que rocha extrusiva.

## S

**Sal-gema** — Rocha sedimentar quimiogénica formada por cristais de cloreto de sódio, vulgarmente conhecido por sal de cozinha.

**Sedimentação** — O mesmo que deposição.

**Seixo** — Fragmento de mineral ou rocha, cujo diâmetro varia entre os 2 mm e os 64 mm.

**Sismo** — Abalo natural que ocorre bruscamente na litosfera terrestre, durante um espaço de tempo curto, num determinado local.

**Sismo premonitório** — Abalo sísmico que precede o abalo principal e de menor intensidade do que este.

**Sismógrafo** — Instrumento que regista os sismos.

**Sismograma** — Registo de um sismo elaborado por um sismógrafo.

**Sistema** — Conjunto de componentes interdependentes que funcionam para atingir um objetivo comum.

**Sulfatara** — Fumarola em que predominam gases ricos em enxofre.

## T

**Teoria da Deriva Continental** — Teoria que defendia que os atuais continentes estiveram unidos no passado num só continente, que se teria fragmentado em diversos continentes, os quais, por sua vez, se teriam movido lentamente até às suas posições atuais.

## Teoria da Expansão dos Fundos

**Oceânicos** — Teoria que defendia que os fundos oceânicos se formavam a partir das dorsais, crescendo simetricamente a partir delas e sendo posteriormente destruídos nas regiões das fossas, provocando assim o afastamento dos continentes que os limitam.

## Teoria da Tectónica de Placas

Teoria que defendia que a litosfera está fragmentada em placas que se movem sobre a astenosfera, as quais crescem a partir da ascensão de magma da astenosfera e são destruídas em locais de choque entre placas.

**Textura agranular** — Diz-se da textura de uma rocha magmática que apresenta cristais de dimensões muito reduzidas, podendo mesmo ser impossível distinguir os minerais constituintes à vista desarmada.

**Textura granular** — Diz-se da textura de uma rocha magmática onde é fácil visualizar e identificar os minerais constituintes.

**Traço** — Característica que ajuda a identificar um mineral e que corresponde à cor do mineral quando reduzido a pó.

**Transgressão marinha** — Deslocação da linha de costa em direção ao continente (ou continente adentro).

**Transporte** — Deslocação dos sedimentos resultantes da erosão das rochas para outros locais, mais ou menos distantes do seu local de origem, o que é feito por ação do vento, da água, dos glaciares, dos seres vivos e da gravidade.

**Tsunami** — Onda de grandes dimensões que se desloca com grande velocidade, possui grande poder destruidor e pode ser provocada pela existência de um sismo com epicentro no mar.

## V

**Vulcanismo** — Conjunto de fenómenos relacionado com a libertação de produtos magmáticos, que abrange todos os processos relacionados com a libertação de materiais sólidos, líquidos e gasosos desde o interior da Terra até à superfície.

**Vulcanismo atenuado** — Libertação de líquidos e gases a elevadas temperaturas através de fissuras em zonas próximas de vulcões ativos.

**Vulcanismo secundário** — O mesmo que vulcanismo atenuado.

**Vulcão** — Abertura na superfície terrestre que põe em contacto o interior com a superfície e por onde se libertam produtos magmáticos.

## X

**Xisto** — Rocha metamórfica originada a partir do argilito e que apresenta foliação.



## FONTES FOTOGRÁFICAS

### Agência LUSA

- P. 72 Erupção do vulcão submarino da Serreta.
- P. 103 Pedreiras em Lisboa e na Arrábida.
- P. 169 Mina de Tresminas.

### Casa da Imagem

- P. 10/11 Costa alentejana; Moscovite.
- P. 22 Quartzo rosa.
- P. 36 Calcário conquífero.
- P. 42 Placas tectónicas da Terra.
- P. 80 Sulfatara; Fumarola.
- P. 81 Preparação do cozido.
- P. 84 Medição de GPS; Medição de temperatura do solo; Recolha de gases.
- P. 128 Vulcanólogo.
- PP. 132/133 Parede com fósseis.
- P. 141 Mamute bebé.
- P. 142 Reconstituições de dinossauros; Ovos de dinossauro; Pegada.

### Getty Images

- P. 13 Praia na Arrábida.
- P. 65 Rocha com dobras e falhas.
- P. 69 Vulcão dos Capelinhos.
- P. 111 Chegada e efeitos de *tsunami*.
- P. 136 Ferramentas.
- P. 142 Ninho de dinossauro.

### Istockimage

- P. 12 Paisagem costeira.
- P. 13 Cristal.
- PP. 43 e 64 Rocha com dobras.
- P. 45 Paisagem rochosa.
- P. 84 Vulcão Augustine.
- P. 100 Aldeia no norte de Portugal; casas na aldeia do Piódão.
- P. 109 Detonação de explosivos.
- P. 171 Multidão numa passeadeira.
- P. 177 Criança a beber água.
- P. 182 Aula de agricultura.

### Maurício Abreu

- P. 14 Paisagem granítica.
- P. 16 Campo de lapiaz; Gruta.
- P. 18 Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros.
- P. 81 Ilha Terceira.
- P. 102 Central termoeletrica.

### Nasa Images

- P. 68 Imagem de satélite da Península Ibérica.
- P. 126 Astronauta na Lua; Rocha lunar.

### Nuno Jorge Henriques

- P. 38 e 94 Trabalho laboratorial.
- PP. 61, 62, 76, 78, 79, 117, 128 e 144 Trabalhos práticos.
- P. 133 Pegada de Megalossauro.
- P. 143 Coprólitos.
- PP. 147/148 Fósseis de corais.

### United States Geological Survey

- P. 71 Casa destruída.
- PP. 72, 126 e 129 Vulcanólogo.
- P. 77 Cone baixo; Rio de lava; Monte Sta. Helena; Diferentes tipos de lava.
- P. 84 Monitor acústico.
- P. 86 Erupção; Rio de lava.
- PP. 110 e 122 Estragos provocados por sismos.
- P. 128 Erupção vulcânica.

### VMI

- P. 13 Serra da Estrela, Alamy.
- P. 103 Pedreira em Estremoz, Alamy.
- P. 104 Pormenor do Mosteiro da Batalha, Imagebroker.
- P. 136 Pegada de dinossauro; Paleontólogo no laboratório, Corbis.
- P. 170 Mina de ouro em Zamfara (Nigéria), Corbis.
- P. 178 Pés com sintomas de contaminação, Alamy.

### Vários

- P. 14 Paisagem vulcânica, cronicasdealem.blogspot.com/Fernando Ornelas; Caldeira do Faial, Wikipédia/Jardim Botânico.
- P. 15 Disjunções prismáticas, Natália de Abreu; Quartzitos (em Freixo de Espada à Cinta) e xistos, Jorge Ferreira; Quartzitos em Penedo Durão, Jorge Ribeiro.
- P. 16 Praia da Dona Ana, Wikipédia/Lacobrigio; Dunas, Paulo Ferreira; Mina de sal-gema, CUF Químicos Industriais, SA; Chaminés de fada, Jorge Ferreira.
- P. 18 Diáclases, Jim Champion; Grutas, Roger Brandt/NPS; Cones vulcânicos, cronicasdealem.blogspot.com/Fernando Ornelas.
- P. 21 Diamante, G. Slabihoud/EasyFotoStock.
- P. 22 Cobre, Jonathan Zander.
- P. 23 Fluorite, Dave; Ortóclase, Didier Descouens; Corindo, Stowarzyszenie Spirifer.
- P. 25 Mineral com traço vermelho, © 2002-2010 meteorite-identification.com.
- P. 28 Rochas na floresta, Staszek Szybki; Estalactites, Dave Pape; Bloco pedunculado, Geopark Naturtejo © 2011. Todos os direitos reservados.
- P. 32 Dunas de S. Jacinto, Júlio Reis.
- P. 33 Seixos, Jason Antony; Arenito, Jonathan Zander.
- P. 34 Margas, Geomuseu/Instituto Superior Técnico.
- P. 35 Sal-gema, CUF Químicos Industriais, SA; Gruta, Jaime Rosselló; Cristais, Rob Lavinsky/rocks.com.
- P. 36 Calcário recifal, James L. Stuby.
- P. 41 Praia, Luke Gordon.
- P. 50 Navio *Gago Coutinho*, João Abreu.
- P. 52 Harry Hess, Department of Geological and Geophysical Sciences, Universidade de Princeton.
- P. 59 Alfred Wegener, Alfred-Wegener-Institute.
- P. 60 Rocha dobrada, Danimarco.
- P. 64 Paisagem montanhosa, Arnim Schulz.
- P. 69 Maremoto no Japão, © Ho New/Reuters.
- P. 70 Dano provocado por sismo numa estrada, © Issei Kato/Reuters.
- P. 71 Vale, Arnim Schulz; Rocha dobrada, Earthwatcher; Onda gigante, David Rydevik.
- P. 74 Cinzas, D. E. Wieprecht; Blocos, Leonid Petrov; Lavas encordoadas, José Luís Ávila Silveira; Lavas em almofada, NOAA.
- P. 75 Erupção, Foto Jovial Horta, Faial, Açores.
- P. 77 Cone alto, Gavin Mills.
- P. 81 Central geotérmica, SOGEO — Sociedade Geotérmica dos Açores, SA; Central islandesa, Cathy D.; Termas, Termas da Ferraria; Aquecimento de casas, skicrescendo.com.
- P. 87 Lago quente, Jeremy Doorten.
- P. 88 Microfotografias, Johansen Krause.
- P. 92 Anfíbolitos, Piotr Sosnowski; Xisto, Jorge Ferreira.
- P. 100 Fachada do palácio de Vila Viçosa, Wikipédia/Alves Gaspar.
- P. 101 Pia batismal, Georges Jansoone; Vasos, Aristides Papadakis; Capadócia, Niels Elgaard Larsen; Mina de sal-gema, CUF Químicos Industriais, SA.
- P. 102 Casa em basalto, Paulo Ferreira; Pedra-pomes, Asif Akbar; Aldeia do Piódão, Rui Daniel Ferreira.
- P. 107 Pavimento em calcário, Manuel Fernandes/PhotoXpress.
- P. 118 Laboratório de Sismologia do Instituto Geofísico Infante D. Luiz, Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa.
- P. 119 Sismógrafo antigo, Copyright © 2013 by the Seismological Society of America.

- P. 125 Laboratório, Vítor Teixeira/Universidade de Aveiro; *Joides Resolution*, CNC PHOTOGRAPHICS/Mimi Katz/RPI; Equipamento LPRO, Laboratório de Geologia da Universidade de Madrid.
- P. 134 Fóssil, Crow Girl.
- P. 135 Trilobite, Peter Halasz; Paleontóloga, National Park Service/U. S. Department of the Interior.
- P. 140 Árvores fossilizadas, MAXFX.
- P. 141 Reconstituição de mamute; Insetos em âmbar, Melitzana; Aranha conservada, Edwin Pijpe.
- P. 145 Fóssil de radiolário, Natural History Museum, University of Oslo.
- P. 149 Fóssil de celacanto, Haplochromis; Celacanto, Hans Fricke/Max-Planck Institute.
- P. 156 Mamute, Michal Zacharzewski.
- P. 165 Montanhas geladas, Radek Vicar.
- P. 168 e 174 Barragem e central termoeletrica, EDP — Energias de Portugal, SA.
- P. 169 Árvores abatidas, Rainforest Action Network.
- P. 173 Exploração mineira, Felmica/Pedro Moutela; Lagoa ácida, Paulo Ferreira.
- P. 174 Estrada erodida, John Fontane/freeimages.
- P. 177 Prédio a ser demolido, Jon Wisbey.
- P. 181 Painéis solares, Johan Bolhuis/Freeimages.
- P. 182 Ecoponto, Sociedade Ponto Verde.
- P. 183 Energia das marés, Pelamis Wave Power, Ltd.
- P. 184 Energia eólica, MAXFX/PhotoXpress; Ribeiro na floresta; Mares, Lucian/PhotoXpress.

## AGRADECIMENTOS

Escola Secundária Manuel Cargaleiro  
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa  
Fundação Champalimaud — Vítor Cunha  
Foto Juvial, Horta, Faial, Açores  
Museu Geológico, LNEG — Professor Miguel Ramalho  
Mina de sal-gema, Campina de Cima, CUF — Eng.º Alexandre Andrade  
Museu Nacional de História Natural e da Ciência Universidade de Aveiro  
João Abreu  
Jorge Ribeiro  
Natália Abreu  
Nuno Farinha

## BIBLIOGRAFIA

- ALLABY, Michael — *Planeta Terra, Enciclopédia Visual*. Lisboa: Círculo de Leitores, 2008.
- BEAUMONT, Émilie, C. G. — *Imagem — Descoberta do Mundo — Os Vulcões*, 1.ª edição. Paris: Éditions Fleurus, 2004.
- CARVALHO, G., A., M.; GALOPIIM, N. — *A Vida e Morte dos Dinossauros*. Lisboa: Gradiva, 1993.
- CARVALHO, G., A., M. — *Introdução ao Estudo do Magmatismo e das Rochas Magmáticas*. Lisboa: Âncora Editora, 2002.
- CARVALHO, G., A. et al — *A Aventura da Terra, um Planeta em Evolução*. Lisboa: Esfera do Caos Editores, 2011.
- COENRAADS, Robert R. — *Rochas e Fósseis, Enciclopédia Visual*. Lisboa: Círculo de Leitores, 2008.
- DAVISON, J. P.; REED, W. E.; DAVIS, P. M. — *Exploring Earth, An Introduction to Physical Geology*. New Jersey: Prentice Hall, 1997.
- FLETCHER, C. — *Physical Geology, The Science of Earth*. University of Hawai'i: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- GROTZINGER, John; JORDAN, Tom — *Understanding Earth*, sixth edition. New York: W. H. Freeman and Company, 2010.
- GRUPO XABRE, C. J. — *Xeoloxia, Síntese de Documentos*. Vigo: Xerais, 1997.
- HAMBLIN, W. Kenneth; CHRISTIANSEN, Eric H. — *Earth's Dynamic Systems*, ninth edition. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- MADER, S., S. — *Concepts of Biology*, New York: McGraw-Hill International Edition, 2009.
- MARSHAK, S. — *The Earth: Portrait of a Planet*, third edition. New York: W. W. Norton & Company, 2008.
- MONROE, R. W. — *Essentials of Geology*, second edition. Central Michigan University: Wadsworth Publishing Company, 1999.
- MONTGOMERY, C. W. — *Environmental Geology*, eighth edition. New York: McGraw-Hill International Edition 2008.
- NILES, Gregory; ELDREDGE, Douglas — *A Fábrica dos Fósseis*. Lisboa: Gradiva Júnior, 1992.
- PRESS, F. & SIEVER, R. — *Understanding Earth*, second edition. New York: W. H. Freeman and Company, 1998.
- STANLEY CHERNICOFF, H. A. — *Essentials Geology*. New York: Worth Publishers, 1997.
- WEBSTER, D. — *Understanding Geology*. Harlow: Oliver & Boyd, 1998.

## SITES

<http://ambiente.hsw.uol.com.br/hotspots-ambientais.htm>  
[http://biogeo1.files.wordpress.com/2007/10/resumo-ambiente\\_metamorfoico.pdf](http://biogeo1.files.wordpress.com/2007/10/resumo-ambiente_metamorfoico.pdf)  
<http://ciencia.hsw.uol.com.br/dinossauros4.htm>  
<http://cienctec.com.br/wordpress/>  
<http://domingos.home.sapo.pt/index.html>  
<http://earthobservatory.nasa.gov/>  
[http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/events/1960\\_05\\_22.php](http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/events/1960_05_22.php)  
<http://e-geo.ineti.pt>  
<http://fossil.uc.pt/pags/sedime.dwt>  
[http://oficina.cienciaviva.pt/~pw043/rochas\\_sedimentares.htm](http://oficina.cienciaviva.pt/~pw043/rochas_sedimentares.htm)  
[http://oxford.academia.edu/MartinBrasier/Papers/419445/The\\_3426-3350\\_Ma\\_Strelley\\_Pool\\_Formation\\_in\\_the\\_East\\_Strelley\\_Greenstone\\_Belt\\_A\\_Field\\_and\\_Petrographic\\_Guide](http://oxford.academia.edu/MartinBrasier/Papers/419445/The_3426-3350_Ma_Strelley_Pool_Formation_in_the_East_Strelley_Greenstone_Belt_A_Field_and_Petrographic_Guide)  
[http://pilbara.mq.edu.au/wiki/Strelley\\_Pool\\_Chert](http://pilbara.mq.edu.au/wiki/Strelley_Pool_Chert) — estromatólitos em Strelley Pool Chert, Austrália  
<http://planetmars.sites.uol.com.br/explor/sondas/sondas.htm> — sondas espaciais para Marte, julho de 2011  
<http://pt.wikipedia.org/>  
<http://sites.google.com/site/correiamiguel25/vulcanismo>  
<http://sites.google.com/site/geologiaeibologia/>  
<http://webpages.fc.ul.pt/~cmsilva/Paleotemas/Indexpal.htm>  
[http://www.algaebase.org/search/species/detail?species\\_id=351](http://www.algaebase.org/search/species/detail?species_id=351)  
[http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/hotspotsScience/pages/hotspots\\_in\\_context.aspx](http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/hotspotsScience/pages/hotspots_in_context.aspx)  
<http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/Pages/default.aspx>  
<http://www.esa.int/esaCP/Portugal.html>  
<http://www.explicatorium.com/Explor-Espacial-Cronologia.php>  
<http://www.geoparquearouca.com/>  
<http://www.geopor.pt>  
[http://www.igeo.ufrrj.br/ismar/1/1\\_45.pdf](http://www.igeo.ufrrj.br/ismar/1/1_45.pdf)  
<http://www.infopedia.pt/>  
<http://www.liebertonline.com/doi/full/10.1089/ast.2009.0423>  
<http://www.nasa.gov/home/index.html>  
[http://www.naturtejo.com/conteudos/pt/geo\\_sitios.php](http://www.naturtejo.com/conteudos/pt/geo_sitios.php)  
[http://www.spacetelescope.org/fig/science/stellar\\_evolution/](http://www.spacetelescope.org/fig/science/stellar_evolution/)  
[http://www.spes-sismica.org/fig/Sismicidade\\_histor\\_total.gif](http://www.spes-sismica.org/fig/Sismicidade_histor_total.gif)  
<http://www.starnews2001.com.br/vulcao.html>  
<http://www.vulcaodoscapelinhos.org/vulcao/historia/>  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Projeto\\_Apollo](http://pt.wikipedia.org/wiki/Projeto_Apollo)  
<http://www.explicatorium.com/Explor-Espacial-Cronologia.php>

O Projeto **Desafios** de Ciências Naturais destinado ao 7.º ano de escolaridade, 3.º Ciclo do Ensino Básico, é uma obra coletiva, concebida e criada pelo Departamento de Investigações e Edições Educativas da Santillana, sob a direção de Sílvia Vasconcelos.

### EQUIPA TÉCNICA

Chefe de Equipa Técnica: Patrícia Boleto  
Modelo Gráfico e Capa: Carla Julião  
Arranjo da Imagem da Capa: Paulo Oliveira  
Ilustrações: Alexandre Algarvio, Ângelo Shuman, Félix, Leonor Antunes, Paulo Oliveira e Sérgio Veterano  
Paginação: Célia Neves, João Valado e Sérgio Pires  
Documentalistas: Marisa Pires e Paulo Ferreira  
Revisão: Ana Abranches, Catarina Pereira e Helena Figueiredo

### EDITORAS

Ana Duarte  
Eva Arim

### CONSULTORES CIENTÍFICOS

**Henrique Cabral** — Doutor em Biologia. Mestre em Matemática Aplicada às Ciências Biológicas. Licenciado em Biologia. Professor Auxiliar com agregação no Departamento de Biologia Animal da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Investigador nos domínios da Ecologia e do Impacto Ambiental.

**Jorge Ferreira** — Licenciado em Geologia pela FCUL em 1986 e pós-graduado pela Universidade de Évora em 2006. Docente do Ensino Secundário, com largos anos de experiência. Formador de professores do Ensino Básico e Secundário na área das didáticas específicas — Geologia — desde 1998. Colaborador do GAVE entre 2000 e 2007, no âmbito das provas de avaliação do Ensino Secundário.

**Raquel Costa** — Licenciada em Geologia e Mestre em Geologia Dinâmica pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Realizou o Curso de Formação Avançada em Didática das Ciências pelo Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Docente nas áreas de Geologia Geral, Recursos Minerais, Mineralogia, Cristalografia e Geoquímica. Investigadora na área dos Recursos Minerais e do Desenvolvimento Profissional de Professores de Ciências Naturais. Coordenadora de projetos de educação não formal no domínio das Ciências do Mar.

**A edição revista de acordo com as novas metas curriculares é da responsabilidade de Cristina Carrajola, Luísa Martin e Teresa Hilário.**



© 2014

Rua Mário Castelhana, 40 – Queluz de Baixo  
2734-502 Barcarena, Portugal

APOIO AO PROFESSOR

Tel.: 214 246 901  
apoioaoprofessor@santillana.com

APOIO AO LIVREIRO

Tel.: 214 246 906  
apoioaolivreiro@santillana.com

Internet: [www.santillana.pt](http://www.santillana.pt)

Impressão e acabamento: Lidergraf

ISBN: 978-989-708-519-2

C. Produto: 410 110 306

2.ª Edição

4.ª Tiragem

Depósito Legal: 370144/14



A cópia ilegal viola os direitos dos autores.  
Os prejudicados somos todos nós.