

SETEMBRO 2021

V9/03

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR CASA DAS CIÊNCIAS



REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



FICHA TÉCNICA

Rev. Ciência Elem., V9(03)

**Publicação trimestral
da Casa das Ciências**

ISSN 2183-9697 (versão impressa)

ISSN 2183-1270 (versão online)

rce.casadasciencias.org

DEPÓSITO LEGAL

425200/17

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Alexandra Coelho

DESIGN

Rui Mendonça

PAGINAÇÃO

Raul Seabra

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM

2800 exemplares

IMAGEM NA CAPA

Pico de Ana Ferreira

casadasciencias.org/banco-imagens

© Todo o material publicado nesta revista pode ser reutilizado para fins não comerciais, desde que a fonte seja citada.



PROPRIETÁRIO

Casa das Ciências/ICETA

Faculdade de Ciências,

Universidade do Porto

Rua do Campo Alegre, 687

4169-007 Porto

rce@casadasciencias.org

CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

EDITOR

João Nuno Tavares (UNIVERSIDADE DO PORTO)

EDITOR CONVIDADO

Paulo Fonseca (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

CONSELHO EDITORIAL

João Lopes dos Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Luís Vítor Duarte (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

Maria João Ramos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Paulo Fonseca (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

PRODUÇÃO E SECRETARIADO

Alexandra Coelho

Guilherme Monteiro

NORMAS DE PUBLICAÇÃO NA RCE

A Revista de Ciência Elementar dirige-se a um público alargado de professores do ensino básico e secundário, aos estudantes de todos os níveis de ensino e a todos aqueles que se interessam pela Ciência. Discutirá conceitos numa linguagem elementar, mas sempre com um rigor superior.

INFORMAÇÃO PARA AUTORES E REVISORES

Convidam-se todos os professores e investigadores a apresentarem os conceitos básicos do seu labor diário numa linguagem que a generalidade da população possa ler e compreender.

Para mais informação sobre o processo de submissão de artigos, consulte a página da revista em rce.casadasciencias.org



SETEMBRO 2021

V9/03

ÍNDICE

- 02 AGENDA
- 03 NOTÍCIAS
- EDITORIAL
- 05 **Do roubo de catalisadores às inundações da Europa**
Paulo Fonseca
- ARTIGOS
- 07 **Rotação da Terra e duração do dia**
Virgílio B. Mendes, Susana M. Barbosa
- 11 **A geodiversidade urbana como recurso educativo**
Carlos Marques da Silva, Sofia Pereira
- 16 **LTER - montado**
Manuel João Pinto *et al.*
- 19 **Ecologia do litoral rochoso alentejano**
João J. Castro *et al.*
- 25 **Geoparques e Parques Geológicos**
Nuno Pimentel
- 30 **Divulgar a Ciência**
Ana Maria Costa
- NOTÍCIAS EDUCATIVAS
- 34 **O *Geoscience Education Field Officer***
Gina P. Correia *et al.*
- 38 **Modelos análogos**
Maria de Jesus E. Reis *et al.*
- AOS OLHOS DA CIÊNCIA
- 42 **Geologia de Marrocos**
Luís Vítor Duarte, Driss Sadki
- IMAGEM EM DESTAQUE
- 48 **Modelação Análoga**
Helena Moita de Deus, Paulo Fonseca

10/12 (2021)

Prémios Casa das Ciências 2021

A Casa das Ciências premeia anualmente os melhores Recursos Educativos e Imagens submetidos na sua plataforma e este ano não é exceção. Distinguiremos também o Professor do Ano. A cerimónia de entrega dos prémios Casa das Ciências decorre, pelas 14h30, no Colégio Efanor. Contamos com a sua presença!

COLÉGIO EFANOR

WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/**até 15/12** (2021)

1.ª Série de Webinars Internacionais ICBAS

Até dia 15 dezembro, todas as quartas-feiras, às 17h, há encontro marcado online (via zoom) para se falar sobre ciência com investigadores e professores de renome internacional. Esta primeira série de webinars conta com 8 sessões, que vão desde a imunologia ao bem-estar animal. A participação é gratuita mediante inscrição prévia através do link.

WWW.INTERNATIONAL.INFO.ICBAS.UP.PT/WEBINARS/**20/07**
a 22/07 (2022)

VII Encontro Internacional da Casa das Ciências

Clima e Sustentabilidade

O Encontro Internacional da Casa das Ciências regressa ao Porto em 2022 num formato próximo do que já é bem característico da Casa das Ciências. À componente plenária, juntamos pelo menos 2/3 do tempo de formação em pequenos grupos de cerca de 20 pessoas para melhor contacto com os formadores. Esta formação é acreditada pelo CCPFC.

Esteja atento à abertura das inscrições!

PORTO, ISEP-IPPORTO

WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/7ENCONTROINTERNACIONAL/

António Morais Romão Serralheiro (1927-2021)

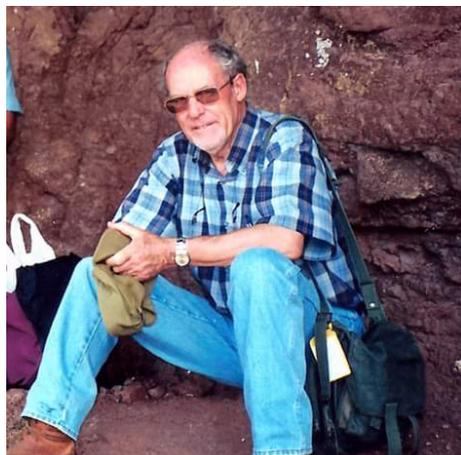


FIGURA 1. Professor António Morais Romão Serralheiro.

O Professor Catedrático Jubilado António Serralheiro, é uma referência no panorama da Geologia das Regiões Vulcânicas, assim como da Cartografia Geológica das Ilhas da Macaronésia. Docente do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, doutorou-se em Geologia, especialidade de Paleontologia e Estratigrafia em 1978, mas foi na área da Cartografia Vulcanológica e na Vulcanoestratigrafia que o seu trabalho teve maior relevância. Começou os seus trabalhos, nesta temática, em Cabo Verde na Ilha de Santiago em 1965, onde, na altura, os Mapas Geológicos das Regiões Vulcânicas não eram mais que um amontoado de dados Petrológicos, Petrográficos e Geoquímicos. A sua capacidade de observação e discernimento, como auto-didata – pois na altura em todo o Mundo a Vulcanoestratigrafia estava a dar os primeiros passos – levaram-

-no a tornar-se um especialista na estratigrafia de regiões vulcânicas. Trabalhou em Cabo Verde, Açores, Madeira assim como no Complexo Vulcânico de Lisboa Mafra (onde editou um pequeno livro de divulgação científica – O Vulcão da Malveira, publicado pela Chiado Books). É autor, por vezes em co-autoria de largas dezenas de Mapas Geológicos de Cabo Verde e Açores, tendo colaborado, também, na Cartografia da Ilha da Madeira. O início da sua carreira de Geólogo ocorreu na Diamang (Companhia de Diamantes de Angola), onde trabalhou como geólogo de prospeção, de 1957 a 1959 na região de Calonda (Lunda). Foi docente no Departamento de Geologia de Lisboa, de 1966 a 1997, quando se jubilou.

O Tempo Geológico



FIGURA 1. Carreamento de Mouranitos Costa Vicentina (ZSP).

Para um Geólogo o tempo tem uma dimensão diversa da que tem para a generalidade das pessoas. Quando vimos no registo de uma pedreira de calcário jurássica, 50 a 100 m de espessura dessa litologia, inferimos que no passado, nessa época, a quantidade de CO₂ presente na atmosfera foi bem superior ao CO₂ atmosférico atual. Certo que foi há 190 Milhões de anos...mas foi nesta mesma Terra. Falar em litologias (ro-

chas) com 600 M.a. ou mesmo 2 G.a. (Giga anos) é comum para quem estuda cinturas de cadeias de montanhas antigas. No ensino, a analogia comparativa mais comum, para jovens alunos e mesmo alunos universitários, é a analogia dos grãos arroz. Um pacote de 1kg de arroz tem 50000 bagos, se cada bago de arroz representar um ano, 1 M.a. corresponderá a 20 pacotes de kg de arroz; os primeiros seres humanos (gênero *Homo*) 40 pacotes de arroz (um carro de mão cheio); os primeiros dinossáurios 4700 pacotes de arroz (1 caminhão cheio) e finalmente a formação da Terra, 92000 pacotes de arroz - 19 camiões cheios... tanto arroz!! Claro está que a perspectiva da nossa presença na Terra tem que ser mantida... mas este "3º calhou a contar do Sol" continuará cá, mesmo quando o "bicho" *Homo* por vezes pouco *sapiens* desaparecer.

Lixo... cósmico

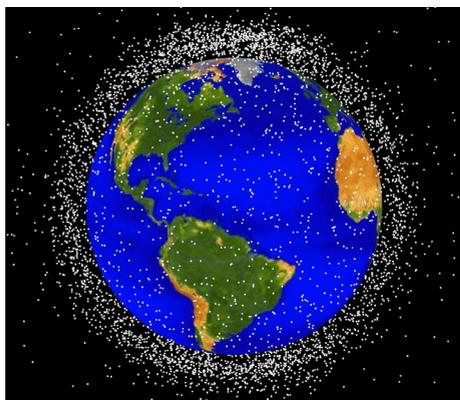


FIGURA 1. Esquema, sem ser à escala, representando o Lixo cósmico que orbita à volta da Terra (fonte: Wikipedia).

constata-se que alguém esteve por lá a fazer um almoço volante... uma questão cultural difícil de reverter. Um dos problemas mais graves deste século será o lixo, o que fazer!? Basta olhar, em nossa casa, quando se prepara uma refeição, a quantidade de papelão, plásticos, e películas diversas em que os produtos alimentares vêm embalados, e o volume de material que vai para o lixo. Como se isto não bastasse de, há uns anos para cá, começaram a surgir notícias de que a quantidade de lixo que orbita o nosso Planeta está a aumentar de um modo alarmante. Alguns satélites operacionais sofreram colisões com esse lixo cósmico danificando sensores, painéis solares e outras carenagens externas. Na realidade, desde 1958, que o segundo satélite dos EUA - o Vanguard 1 - é a peça de Lixo Espacial mais antiga, tendo operado durante 6 anos. As Forças Armadas Americanas mantêm um catálogo exaustivo, com cerca de 10.000 objetos de dimensão visível e de cerca de 330 milhões de objetos de tamanho superior a 1 mm (sendo alguns, portanto, simples partículas); são 7 500 toneladas. Este lixo começará a ser recolhido, de um modo sistemático, por um consórcio Suíço, em 2025.

Basta passar próximo de um miradouro com vista para o mar ou para a serra, e

Do roubo de catalisadores às inundações da Europa

Vivemos num mundo, pelo menos estranho! As notícias de todos os dias são a prova disto mesmo. Jornais e televisões noticiam o roubo de catalisadores em automóveis, tanto em cidades como em pequenas povoações. E para quê? Para extrair metais raros e metais preciosos dessas peças de automóvel, tais como paládio, platina e ródio que podem valer cerca de 60 euros o grama. Também todos os anos ouvimos na comunicação social que os recursos naturais desse ano estão esgotados e passamos a consumir os recursos do ano seguinte, tendo sido este ano de 2021 o dia 29 de Julho, cerca de um mês mais cedo do que no ano de 2020. No entanto todos os dias são vendidos computadores, televisores, telemóveis e um conjunto de objetos sem os quais não conseguimos viver, pelo menos, com aquilo a que chamamos “alguma qualidade de vida”. E quanto à energia. Nos anos 80 do século passado Ferrel, arredores de Peniche, era a Meca do “Nuclear, não obrigado!”, e depois dos acidentes de Chernobyl e Fukushima, ninguém no seu juízo perfeito defende o nuclear. Assistimos também a manifestações de populações sobre a prospeção de hidrocarbonetos no S e SW da costa portuguesa. Manifestações no N e centro do país sobre a prospeção e pesquisa de lítio para baterias de automóveis elétricos (os tais menos poluentes que diminuem a pegada ecológica).

As pessoas insurgem-se contra as centrais eólicas, que matam e desorientam o voo das aves e que prejudicam as paisagens das nossas serras e cadeias montanhosas. Autarcas e populações são contra a instalação de centrais solares fotovoltaicas que empobrecem as paisagens e que aumentam o albedo terrestre, aumentando assim o aquecimento global. Enfim, como aprendi há muitos anos, com alguns políticos: a) Não durante o meu mandato. b) Não no meu “quintal”, região, autarquia ou zona de residência. Isto leva-nos ao “vai cha-

tear” outro... longe de preferência. Extração de ouro a céu aberto e concentrado com mercúrio sublimado por maçaricos direto para a atmosfera, desde que seja na Costa do Marfim, Gana ou Burkina Faso – longe, até nem é problema; ah, e feito por crianças e jovens.

Assim, neste mundo estranho, onde se declara guerra ao CO₂, o tal que nós e restantes seres vivos libertamos ao respirar, os vulcões emanam em centenas de toneladas, e que cientistas dizem que terá no futuro de tender para zero, vemos cheias, perdas de bens e vidas na Alemanha, Bélgica, Índia, China, culpando o CO₂ e o efeito de estufa e não por se construírem povoações e infraestruturas em leitos de cheia, sem planeamento urbanístico.



FIGURA 1. A) Esta casa já cá estava em 1342... e continuou a estar. B) E não se aprendeu nada desde 1501.

Enfim... o mundo está estranho!

Paulo Fonseca

Editor convidado

Rotação da Terra e duração do dia

Virgílio B. Mendes*, Susana M. Barbosa[†]

* DEGGE/ Universidade de Lisboa

[†]INESC-TEC

A variação da velocidade de rotação da Terra é um tema de grande complexidade e que tem merecido a atenção da comunidade científica ao longo do último século. Existe naturalmente uma relação intrínseca entre a velocidade de rotação da Terra e a duração do dia baseada nesse movimento: quanto maior for a velocidade de rotação da Terra, menor será a duração do dia. Com a evolução permanente das técnicas de observação e de novas técnicas de processamento e análise de dados, tem sido possível estabelecer correlações entre diferentes fenómenos geofísicos e algumas das variações na duração do dia.

O estudo da duração do dia tem como base a relação entre duas escalas de tempo: o tempo universal (UT) e o tempo atómico internacional (TAI).

O tempo universal é uma das escalas de tempo baseada no movimento de rotação da Terra (escala de tempo rotacional) e pode ser determinado a partir de observações de estrelas, satélites e fontes de rádio extragalácticas. O tempo universal corresponde ao ângulo horário do Sol médio referido ao meridiano de Greenwich, também conhecido como tempo solar médio de Greenwich (GMT – *Greenwich Mean Time*). As observações brutas do tempo universal estão sujeitas às irregularidades associadas ao movimento do eixo de rotação instantâneo da Terra. Existem três formas de tempo universal: UT0, UT1 e UT2.

O UT0 corresponde ao tempo observado num determinado lugar sendo afetado pelo movimento do polo (variação do eixo de rotação instantâneo da Terra em torno de um eixo médio, o Polo Terrestre Convencional) e pelas variações no movimento de rotação da Terra.

O UT1 corresponde ao UT0 corrigido do efeito do movimento do polo. É a variante de tempo universal mais importante, dado que permite conhecer a orientação angular instantânea da Terra no espaço.

O UT2 corresponde ao UT1 corrigido das variações periódicas anuais e semianuais do movimento de rotação da terra.

O tempo atômico internacional (TAI) é uma escala de tempo atômico mantida pelo *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM). É o resultado da análise estatística de cerca de 200 relógios atômicos que operam em laboratórios de tempo distribuídos por todo o globo. A unidade de tempo do TAI é o segundo, tal como definido no Sistema Internacional de Unidades (SI). O TAI foi estabelecido no dia 1 de janeiro de 1958 (nesta data $UT1-TAI \approx 0$).

Para relacionar o tempo atômico com a rotação da Terra, é necessário introduzir o conceito de tempo universal coordenado (UTC). A unidade de tempo fundamental do UTC é a mesma do TAI, mas contrariamente ao TAI, o UTC não é uma escala de tempo contínua. De forma a manter-se próximo do UT1, o UTC sofre periodicamente uma adição ou subtração de segundos intercalares (*leap seconds*), sendo satisfeitas as seguintes condições: 1) a diferença entre o TAI e o UTC é um número inteiro de segundos; 2) a diferença entre o UT1 e o UTC, DUT1, nunca excede 0,9 s, em valor absoluto.

O conceito de duração do dia (LOD - *Length of Day*) estabelece uma relação entre o TAI e o UT1, sendo definido como a diferença entre a duração do dia observada pelas técnicas da geodesia espacial e 86400 s SI (duração nominal de um dia), ou seja, trata-se, mais especificamente, de um excesso de duração do dia, ΔLOD .

As flutuações na LOD são devidas à redistribuição de massas no interior da Terra, associada a fenômenos periódicos (e.g. deformações produzidas pelas atrações gravitacionais do Sol, Lua e outros corpos celestes, que originam as marés terrestres e oceânicas) e irregulares (e.g. sismos, degelo, movimento de placas tectônicas), com períodos que podem variar entre algumas semanas e décadas.

Na FIGURA 1 está representada a série temporal de LOD, disponibilizada pelo *International Earth Rotation and Reference Systems Service* (IERS). A série analisada é constituída por observações diárias de LOD, para o período compreendido entre 1962 e 2021. A série permite identificar três "ciclos" na duração do dia: 1962 - 1987, 1987 - 2003 e 2003 - 2021. A tendência da LOD é de uma clara diminuição, acentuada a partir do ano 2000. O valor máximo foi observado em 12 de abril de 1972 (cerca de +4,4 ms) e o valor mínimo em 19 de julho de 2020 (cerca de -1,5 ms), ano em que foi observado o maior número de valores negativos de LOD. O ciclo iniciado em 2003 é caracterizado por uma maior estabilidade na velocidade de rotação da Terra.

De modo a identificar as principais flutuações na duração do dia, foi utilizada a técnica de análise por decomposição em onduletas (*wavelets*). Esta técnica permite decompor uma série temporal em séries de detalhe com diferentes escalas de resolução temporal, cada uma das quais representando uma certa banda de frequências, e uma série suavizada que representa a tendência da série.

Numa primeira fase, a série foi corrigida das oscilações induzidas pelas marés terrestres e oceânicas. Estas oscilações compreendem períodos que variam entre poucos dias e 18,6 anos. De modo a abranger flutuações de curto e longo período, foi estabelecida

uma decomposição com 11 níveis ($J = 1, \dots, 11$). Cada nível J captura as oscilações entre $2^J - 2^{J+1}$ dias, pelo que o nível 1 representará as oscilações entre 2 e 4 dias, o nível 2 entre 4 e 8 dias, e assim sucessivamente. Revestem-se de particular importância os níveis que capturam as oscilações sazonais, nomeadamente a variação semianual (nível 7) e anual (nível 8). Os resultados da análise estão representados na FIGURA 1.

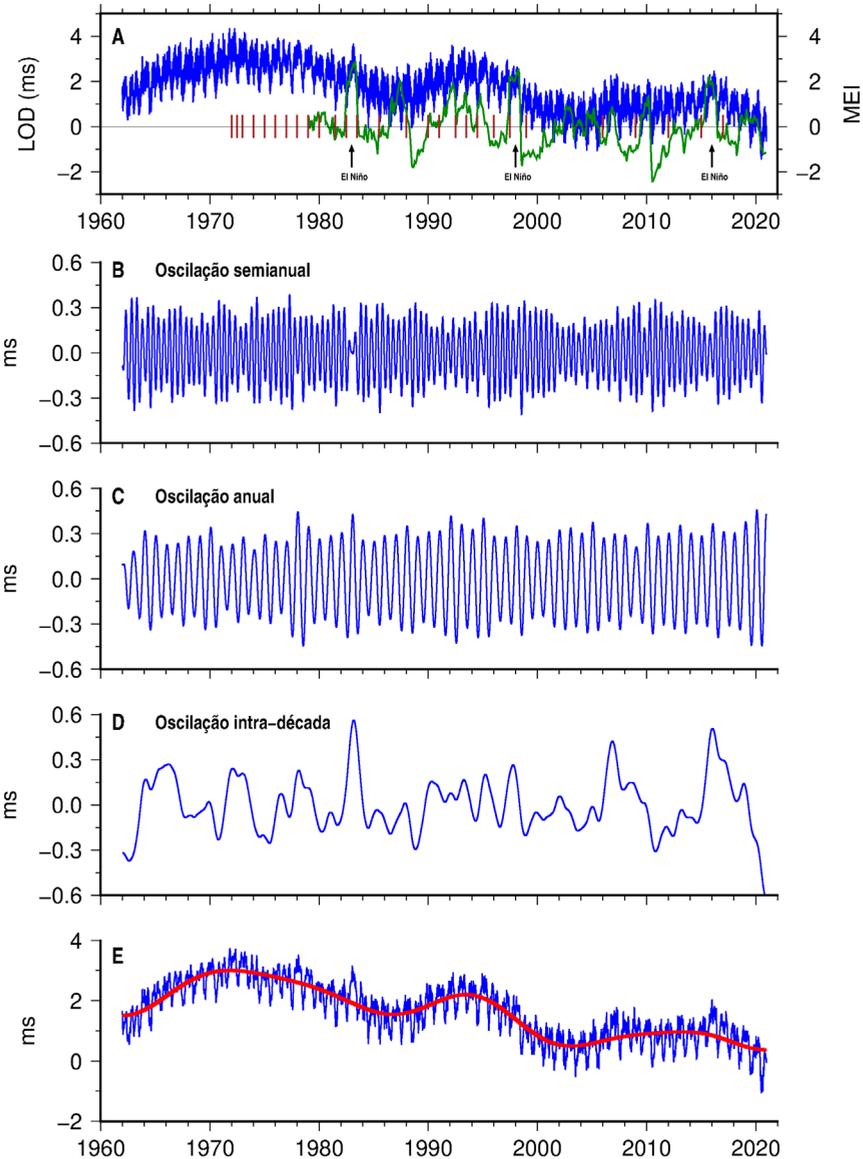


FIGURA 1. A) Série temporal LOD (azul), segundos intercalares (castanho), MEI (verde). B) Oscilação semianual. C) Oscilação anual. D) Oscilação intra-década (1,4 – 11,2 anos). E) Série temporal corrigida dos efeitos das marés oceânica e terrestre (azul) e tendência (vermelho).

Como se pode verificar pela análise da figura, os períodos anual e semianual, associados à interação sazonal da atmosfera e hidrosfera com a Terra sólida, são claramente dominantes, com amplitudes inferiores a 1 ms. Embora com menor amplitude, existem oscilações intra-década com períodos de 2-3 anos (associadas à oscilação quase bienal, QBO, caracterizada por uma propagação descendente alternada de ventos zonais de Este e Oeste na estratosfera tropical) e de 6-7 anos. Embora existam várias teorias, a troca de momento angular atmosférico com a Terra sólida e mecanismos de interação entre o manto e o núcleo são provavelmente as que geram maior consenso na explicação da variação de 6-7 anos (qualquer redistribuição de massa no interior ou à superfície da Terra é acompanhada por variações da rotação da Terra sólida, seguindo o princípio de conservação do momento angular total). A troca de momento angular atmosférico com a Terra sólida é também associada a um período de ~50 dias, não representado na FIGURA 1.

Existem naturalmente algumas irregularidades na duração do dia, como sejam as associadas a fenômenos como o El Niño Oscilação Sul (ENSO), resultado de um aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico tropical central e oriental. Na figura é representado o índice multivariado ENSO, MEI, que constitui uma representação das anomalias atmosféricas e oceânicas que ocorrem durante os eventos ENSO. É visível a alta correlação que existe entre os fenômenos El Niño (estão assinalados os eventos de maior intensidade) e a LOD. Também os sismos de grande magnitude são responsáveis por oscilações na LOD, mas de forma imperceptível. Os grandes sismos de Sumatra (2004) e do Chile (2010) poderão ter provocado um decréscimo na LOD de $\sim 7 \mu s$ e de $\sim 1 \mu s$, respetivamente (segundo modelos do *Jet Propulsion Laboratory*, NASA).

Finalmente uma nota sobre a introdução dos segundos intercalares. A frequência com que os segundos intercalares são introduzidos está intimamente relacionada com a maior ou menor variação da velocidade de rotação da Terra. O primeiro ciclo que é identificado na tendência da série é aquele em que houve um maior número de segundos intercalares, enquanto que no terceiro desses ciclos, o mais longo, houve apenas a introdução de 5 segundos intercalares (do total de 27). A velocidade de rotação da Terra aumentou neste último ciclo, observando-se vários valores negativos de LOD.

A manter-se esta tendência poderá acontecer que haja necessidade de introduzir um segundo intercalar, mas negativo, de modo a satisfazer a condição de manter a diferença entre o UT1 e o UTC inferior a 0,9 s, em valor absoluto. Por outro lado, a questão da introdução dos segundos intercalares tem sido alvo de debates, com inúmeros argumentos a favor e contra. Depois de impasses em encontros científicos realizados em 2003, 2012 e 2015, a decisão foi agora protelada para 2023. Coloca-se a questão: será que iremos ter o primeiro segundo intercalar negativo ou deixar de ter segundos intercalares?

A geodiversidade urbana como recurso educativo

Carlos Marques da Silva*, Sofia Pereira[†]

*DG/ Universidade de Lisboa

[†]CG/ Universidade de Coimbra

A geodiversidade é a variedade natural de aspetos geológicos, geomorfológicos e dos solos que constituem o planeta Terra, incluindo as suas associações, relações, propriedades e sistemas. Em articulação com a biodiversidade, é fundamental para a integração dos aspetos abióticos e bióticos que constituem a natureza. A geodiversidade apresenta variados valores, de entre os quais aqui se destaca o valor educativo. Está representada amplamente em ambientes urbanizados, por via do contexto físico e geológico das povoações, assim como das rochas e dos materiais de construção que as constituem. Os elementos de geodiversidade presentes na cidade, bem como as marcas culturais resultantes da interação das comunidades humanas com eles, são um recurso educativo inestimável, aos mais variados níveis, e imediatamente acessível em todos os contextos urbanos.

O que é a geodiversidade?

O termo geodiversidade surgiu em 1993, primeiro em publicações alemãs sobre conservação de formas de relevo e, de seguida, em trabalhos australianos sobre ocorrências geológicas notáveis. Segundo a formulação original, geodiversidade é a variedade de elementos, de processos e de sistemas geológicos que constituem a Terra. Desde então o conceito – retendo o seu núcleo original – tornou-se mais abrangente. Atualmente, engloba e unifica toda a natureza abiótica, sendo vista como a diversidade natural de aspetos geológicos, geomorfológicos e dos solos, incluindo as suas associações, relações, propriedades e sistemas. Os elementos abióticos que constituem o planeta Terra, as rochas, os fósseis, os minerais, a água subterrânea, os glaciares, as formas de relevo, as bacias oceânicas, os vulcões, etc., são todos parte da geodiversidade. O conceito é hoje em dia

amplamente usado pela comunidade (geo)científica, sobretudo em contextos de geoconservação e de património geológico.



FIGURA 1. A natureza é una e indivisível e é geobiológica. Canyonlands National Park, Utah, USA.

O mundo geológico e o biológico, quando vistos de um ponto de vista mais simplista e tradicional, como o é por parte do grande público, por exemplo, são claramente distintos e completamente independentes. Compara-se um adorável panda com uma simples pedra de calçada e as diferenças são óbvias e, deste ponto de vista rudimentar, intransponíveis. Contudo, a natureza é una e é geobiológica, integrando uma vertente, abiótica, predominantemente geológica, e outra biótica, biológica (FIGURA 1).

De onde virá esta visão algo segregacionista da natureza? Enquanto entidades biológicas, os humanos têm uma tendência inerente para valorizar os aspetos bióticos do mundo natural. Em termos cronológicos, a escala temporal dos fenómenos biológicos a que temos normalmente acesso está mais em consonância com a cadência da nossa vida quotidiana. Apesar dos sismos e dos vulcões, por exemplo, a natureza geológica parece-nos perene e estática e, como tal, distante da nossa realidade orgânica. Por fim, generalizou-se a ideia de que a natureza é "viva" e isso gera a tendência subconsciente para se dar mais atenção aos seus aspetos biológicos. A tudo isto junta-se o facto de no ensino, aos mais variados níveis, essa abordagem continuar a ser, por inércia, passivamente, a mais comum. Se *googlarmos* Biodiversidade+Ensino+Portugal obteremos cerca de 1,4 milhões de resultados, enquanto se o fizermos para Geodiversidade+Ensino+Portugal encontraremos apenas 43000, o que é revelador da enorme assimetria na atenção dada à geodiversidade.

Contudo, as vertentes geo e bio da natureza estão intimamente ligadas, sendo tão indissociáveis como a fome e a vontade de comer. Diferentes, sem dúvida, mas inseparáveis. E deveria ser deste ponto de vista de base que deveriam ser abordadas. Por exemplo, a vida na Terra teve origem abiótica. Sem contexto geológico, sem a componente física dos ecossistemas, não haveria nem vida, nem biodiversidade. Há rochas que são maioritaria-

mente formadas por elementos de origem biológica: as rochas biogénicas (FIGURA 2). Os combustíveis fósseis têm origem biológica, chegando até nós como resultado de processos geológicos, e os organismos segregam elementos esqueléticos biomineralizados com composição química e propriedades físicas idênticas às dos minerais abióticos. Ou seja, facilmente se constata que as fronteiras entre o abiótico e o biótico no mundo natural são difusas. E, depois, ainda existem os fósseis: entidades geológicas com origem biológica identificável, mais ou menos remota, constituindo um dos mais eloquentes exemplos de integração dos aspetos biológicos e geológicos no mundo natural. Assim, sobretudo em contexto educativo, não basta achar-se que a natureza é una e que a integração natural faz sentido. É necessário encorajar essa visão holística do mundo natural com objetivos, conteúdos e atitudes que, eliminando barreiras conceptuais artificiais, a promovam.

Não obstante a óbvia importância da geodiversidade, somente quase três décadas depois da formulação do conceito e 21 anos após o estabelecido do Dia Internacional da Biodiversidade foi instituído o Dia Internacional da Geodiversidade. Este dia internacional, resultado de proposta conjunta de Portugal e do Reino Unido, foi aprovado por unanimidade na 211.ª sessão do Conselho Executivo da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) realizada a 16 de Abril de 2021 e será assinalado a 6 de Outubro de cada ano a partir de 2022.



FIGURA 2. A natureza é una e indivisível e é geobiológica. Calcário biogénico, conquífero, formado em mais de 50% por fósseis de conchas e bioclastos de bivalves *Gastrana* sp. Albufeira, Miocénico, Formação Lagos - Portimão.

A geodiversidade agrega inúmeros valores. Talvez o mais óbvio deles seja o valor económico, por via dos recursos geológicos. Mas os serviços prestados pela geodiversidade vão muito além do económico, passando pelo científico, cultural e estético, lúdico, de divulgação científica, etc.. Estes valores não diretamente económicos prendem-se com a importância atribuída pela sociedade, pela humanidade, a aspetos do mundo natural abiótico como resultado do seu significado cultural, social ou comunitário. Um dos valores da geodiversidade que em meio urbano se manifesta de modo assaz evidente é o valor educativo.

A geodiversidade no ensino (secundário)

Tomando os programas das disciplinas de Biologia e Geologia do 10.º e 11.º ano de escolaridade como exemplo, a biodiversidade é referida (mas pouco) enquanto resultado da evolução biológica e a propósito da necessidade da sua preservação. A geodiversidade, pelo contrário, nunca é mencionada, nem mesmo no programa de Geologia do 12.º ano. Não há, por exemplo, qualquer referência à geodiversidade urbana no tópico “Recursos”, apesar de se mencionarem recursos multimédia, museus de história natural, jardins botânicos, jardins com interesse biológico, coleções de amostras, vídeos, sites na Internet, reservas naturais e paisagens protegidas, etc..

Nos programas, salienta-se a origem geológica de muitos dos materiais que a humanidade utiliza. Contudo, não existe qualquer menção à Geologia em contexto urbano ou à utilização de materiais geológicos na sua construção. São referidos muros, edificações humanas, mas apenas a propósito dos ecossistemas, como elementos a ter em conta em atividades de campo em diferentes ambientes. Afirma-se que: *“O conhecimento geológico é essencial para a construção de acessibilidades (estradas, pontes, túneis, ...), para a construção de (...) aeroportos e portos, (...) barragens, (...)”* mas não há uma única referência a algo que está presente de modo mais transversal e mais fundamental nas nossas vidas que tudo o que antes foi referido: o ambiente urbano e os edifícios em que vivemos.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas, desde 2007 que a maioria da população da Terra habita em contexto citadino. Esta tendência deverá acentuar-se no futuro. Acontece que a cidade, enquanto ambiente artificial, construído, assenta – literalmente – no contexto físico, geológico, em que é implantada e, além disso, depende essencialmente de materiais geológicos para a sua edificação.

Neste contexto, não integrar explicitamente o conceito de geodiversidade no ensino e, por maioria de razão, não usar aqueles aspetos da geodiversidade que encontramos em ambiente urbano, como parte do nosso quotidiano, perpetua uma visão fragmentada e reducionista da natureza, por um lado, e, por outro, constitui um flagrante desperdício de recursos educativos relevantes, abundantes e imediatamente disponíveis. Sim, e gratuitos! Recursos que abarcam desde o contexto geológico e geomorfológico em que a cidade é edificada até aos fenómenos geológicos – cheias, sismos, deslizamentos de terreno, etc. – que a moldam e afetam e aos afloramentos naturais perdidos no seu seio. E ainda o manancial de elementos geológicos que são os materiais com que os seus edifícios, monumentos e pavimentos são construídos, as rochas ornamentais e os fósseis que nelas ocorrem. Para já não falar do impacto cultural e societal da geodiversidade nas artes, na história, na cultura e no sentimento de identidade das comunidades urbanas, na interface entre a Geologia e outras vertentes da atividade e dos interesses humanos, nomeadamente os abrangidos pelas Ciências Sociais.

O potencial educativo da geodiversidade urbana

As manifestações da geodiversidade em contexto urbano (FIGURA 3), estando imediatamente disponíveis em todos os contextos edificados, frequentemente no próprio edifício da escola, na rua ou até na casa de cada um de nós, docentes e discentes, é tão ubíqua e abundante que se torna invisível. É como o ar que respiramos. É fundamental, está em todo o lado e, no entanto, nem o notamos. “*Hiding in plain site*”, diriam os autores anglo-saxónicos! Este recurso educativo não necessita de equipamento especial para ser utilizado, nem de financiamento para aquisição, tão pouco envolve despesas de deslocação para ser usufruído. Usando a geodiversidade existente em torno da escola, nas imediações de todas as escolas!, podem realizar-se saídas de campo, atividades fora da sala de estudo, no tempo previsto para uma aula convencional. Frequentemente, nem é necessário sair da escola para, fora da sala de aula, se ter acesso a ele.

As aplicações educativas da geodiversidade urbana abrangem desde aspetos relacionados com os objetivos apontados, por exemplo, nos programas do 10.º, 11.º e do 12.º ano da escolaridade obrigatória em Portugal, até aos conteúdos programáticos a abordar, passando pelas competências e as atitudes a desenvolver.



FIGURA 3. Aspetos de geodiversidade em contexto urbano e exemplos de alguns dos seus valores na Baixa de Lisboa. A) A Colina do Castelo vista do Terreiro do Paço (Valor estético, paisagístico, modelação da paisagem urbana e identidade local: Cidade das Sete Colinas). B) O Terreiro do Paço e a sua ligação ao estuário Rio Tejo (Valor cultural, história geológica e urbanismo pós-Terramoto de 1755). C) O calcário liós nas ruínas da igreja do Convento do Carmo (Valor económico da geodiversidade, dos materiais de construção, e memória do Terramoto de 1755).

LTER - montado

Detalhe da componente eco-hidrológica

Manuel João Pinto ^{*,†}, Rui Tabora ^{‡,†}, Maria da Conceição Freitas ^{‡,†}

^{*}DBV/ Universidade de Lisboa

[†]DG/ Universidade de Lisboa

[‡]IDL

Os ecossistemas são dinâmicos para o que são necessários escalas e desenhos experimentais apropriados à sua amostragem e compreensão. Os estudos de longo-prazo em ecologia (*Long Term Ecological Research*, LTER), procuram primordialmente conhecer a variabilidade a longo termo e desvendar as interações a curto prazo que evoluem e se propagam no tempo e no espaço, e são responsáveis pelo surgimento de propriedades emergentes dos ecossistemas, como a auto-organização e regulação, resiliência, estabilidade e adaptabilidade. Estes estudos possibilitam também identificar e validar tendências, oscilações e respetivos padrões e conhecer fenómenos complexos com múltiplas interações, como o impacto das alterações climáticas e o impacto do dinamismo no uso dos ecossistemas pelas sociedades humanas. A dinâmica dos ecossistemas dificilmente pode ser compreendida através de amostragens conduzidas em curtos períodos temporais e por isso as análises LTER partem da monitorização repetitiva de parâmetros ambientais e biológicos relevantes, construindo séries longas de dados que serão analisados estatisticamente. No contexto temporal de anos ou décadas, procuram também identificar fenómenos súbitos, instantâneos, com significativa influência nos processos e funções dos ecossistemas. Os estudos de longo-prazo são por isso complementares dos estudos convencionais de curta duração, normalmente limitados pelos financiamentos e objetivos.

O conceito LTER foi introduzido nos Estados Unidos da América em 1980, posteriormente ampliado para as versões eLTER (*European Long-term Ecological Research*) lançada em 2003, e ILTER (*International Long-term Ecological Research*). A rede europeia eLTER comporta atualmente 26 redes nacionais, 450 sítios LTER e 35 plataformas LTSER, este último tipo, também integrando a componente sócio-ecológica (LTSER - *Long Term Socio-Economic and Ecosystem Research*) marcadamente direcionada para a escala espacial das regiões. A constituição de redes possibilita a comparação de resultados obtidos em

diferentes circunstâncias biofísicas. Por outro lado, a sua constituição aproxima os investigadores fomentando a colaboração, interdisciplinaridade, intercâmbio e coordenação, favorece a comparabilidade e a formação de bases de dados e metadados.

Em Portugal, a Sociedade Portuguesa de Ecologia (SPECO), dinamizou e promoveu o processo de criação em Julho de 2011, com o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia, da rede de sítios LTER, assegurando também a sua representação internacional. A rede LTER-Portugal é constituída por quatro Centros de Investigação Ecológica de Longo Prazo que estão integrados no programa PORBIOTA através do Roteiro Nacional de Infraestruturas de Investigação de Interesse Estratégico.

Em particular a sub-rede LSTER-montado distribui-se no sul de Portugal e é constituída por 6 sítios vocacionados para o estudo do agro-sistema extensivo de montado, entre os quais se destaca a Herdade da Ribeira Abaixo (HRA), no contexto da Estação Biológica do mesmo nome associada ao Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais CE3C e Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Esta estação de campo assenta num território de 221 ha essencialmente ocupado por montado de sobro, densamente sulcado por uma rede de linhas de água, umas efémeras outras intermitentes que evidenciam marcada sazonalidade com alternância de caudais de escoamento que são elevados no período das chuvas, reduzindo-se progressivamente acompanhando a diminuição da precipitação e da drenagem dos sedimentos depositados no leito (FIGURA 1).



FIGURA 1. Corte longitudinal esquemático de um curso de água mediterrânico transitório, evidenciando-se dois momentos principais do seu ciclo hidrológico; a fase lítica, quando os níveis de água no canal de escoamento estão elevados e a atividade morfodinâmica é intensa, e a fase lântica que se acentua progressivamente à medida que os caudais vão diminuindo e a água vai permanecendo imobilizada em pégos descontínuos reduzindo a conectividade do habitat hidrófito. Evidencia-se também a interação da forma do leito com a distribuição de afloramentos da rocha subjacente e de raízes de árvores da galeria arbórea que margina o canal de escoamento.

Este ciclo hidrológico anual determina o transporte e imobilização dos sedimentos provenientes da erosão do relevo regional e também localmente das margens das linhas de água, conduzindo ao surgimento de um ecossistema fluvial transitório de três fases principais, respetivamente, lítica, lântica e terrestre. As fases lântica e terrestre são decorrentes da variação dos níveis médios de água nos canais de escoamento, dependem entre vários fatores, da topografia do canal moldado no sedimento do leito para formação de pégos (ou charcos temporários) que vão aumentando ou diminuindo com variável altura da coluna de água e de praias que vão emergindo ou submergindo conforme a fase do ciclo.

A análise dos serviços ambientais proporcionados por este ecossistema fluvial transitório, intimamente dependente do padrão hidrológico e dos ciclos de erosão, transporte e sedimentação associados, tem sido negligenciada, não obstante a sua flagrante importância. A análise de longo prazo da morfodinâmica destes sistemas é particularmente adequada para desvendar o efeito da irregularidade da precipitação na erosão, readaptação da morfologia do leito e dos canais e geração de sequências de pégos/praias no interior dos cursos de água dos quais dependem estes ecossistemas. No contexto do montado, a análise de longo termo é também importante para discriminar o efeito de desnudamento/adensamento da vegetação motivada pela ação sócio-económica e respetiva resposta sucessional dos ecossistemas, nos caudais de escoamento superficial, retenção da água no solo e fornecimento de materiais sedimentares de diversa granulometria e características geológicas. A análise da erosão hídrica específica tem indicado valores relativamente modestos para algumas bacias de drenagem de afluentes do rio Sado, rio para o qual drenam os cursos de água da estação biológica HRA, mas a modelação à escala regional e a longo prazo dos fluxos sedimentares no contexto do Sistema do Fluxo Sedimentar proporcionará um referencial comparativo alargado para avaliação do efeito da atividade antrópica e da modificação climática na formação do ambiente sedimentar local e sua valorização ecológica.

Ecologia do litoral rochoso alentejano

João J. Castro^{*,†,‡}, Teresa Cruz^{*,†,‡}, David Jacinto^{†,‡}, Teresa Silva^{†,‡}

*DBio/ECT/ Universidade de Évora

†CIEMAR/ECT/Universidade de Évora

‡MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente

No litoral rochoso do Alentejo pode-se encontrar uma grande abundância e diversidade de organismos vivos. Algumas espécies que aí vivem são popularmente conhecidas e utilizadas para consumo humano, como é o caso do polvo, mexilhão, percebe e ouriço-do-mar, e de várias espécies de lapas, búzios e caranguejos. Outras, como as cracas ou diversas espécies de algas ou de anémonas-do-mar, não são normalmente consumidas desta forma na costa alentejana e são menos conhecidas, embora algumas sejam apreciadas como alimento noutros países ou regiões.

O ambiente litoral tem características muito especiais e algumas destas espécies apenas se encontram neste ambiente e estão especialmente adaptadas a nele viver. Num litoral marinho sob a influência da maré, como é o caso do litoral rochoso alentejano, a zona entremarés (ou intertidal) encontra-se na transição entre os ambientes permanentemente imersos e emersos.

No litoral marinho alentejano, a zona entremarés inclui fundos rochosos, ou de substrato duro, que são mais frequentes na costa oceânica, mas também fundos móveis com sedimentos. Estes são geralmente de areia na costa oceânica, e mais finos (lamas ou lodos, dominados por silte e argila) nos estuários (por exemplo, dos rios Sado e Mira) e nas lagoas costeiras (por exemplo, de Melides ou Santo André).

Na costa continental portuguesa ocorrem diariamente duas marés cheias e duas marés baixas, cuja amplitude varia ao longo dos ciclos lunar e solar. Em Lua cheia e Lua nova, as marés são vivas e têm maior amplitude, mas em quarto crescente e minguante as marés são mortas e a sua amplitude é menor. Na FIGURA 1, esta variação pode ser vista na água da superfície da Terra (a azul, não representada à escala, assim como os astros), mais deformada em marés vivas. Por outro lado, as marés equinociais têm maior amplitude que as solsticiais.

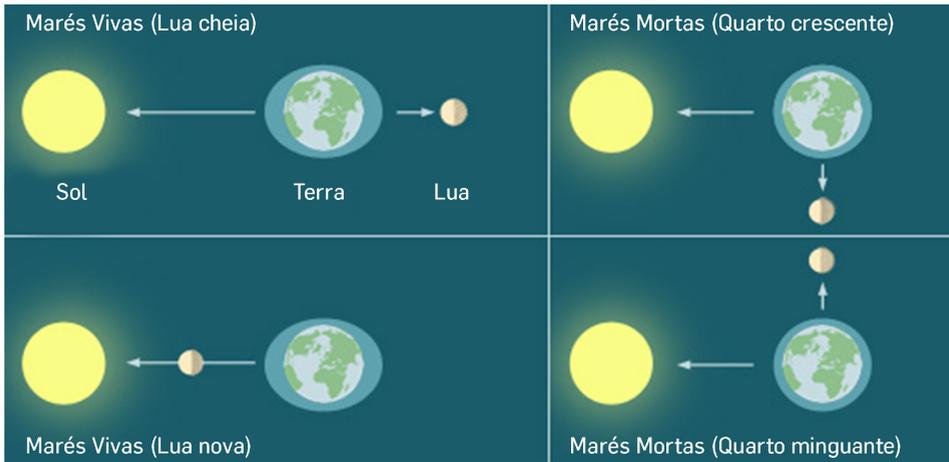


FIGURA 1. Influência da Lua e do Sol no ciclo de marés. (adaptado de Poseidon - As Marés).

Na zona entremarés (FIGURA 2), os fundos marinhos são cobertos por água do mar na maré cheia e descobertos na maré baixa (total ou parcialmente, consoante a amplitude da maré) durante algumas horas.

Os organismos que aí vivem são marinhos e algumas espécies apenas se encontram neste ambiente e estão especialmente adaptadas às suas grandes variações espaciais e temporais.



FIGURA 2. Dois locais do litoral alentejano durante a maré baixa e alta.

Numa zona entremarés rochosa (FIGURA 3), o fundo marinho é irregular (geralmente tem muitas frestas e poças de várias dimensões) e os organismos marinhos que aí vivem estão sujeitos à variação de fatores físicos, como a maré, a dessecação, o stress térmico e o hidrodinamismo, mas também de fatores biológicos, como a predação, a competição e os processos de fixação ao substrato que, em conjunto, condicionam a sua distribuição e abundância.

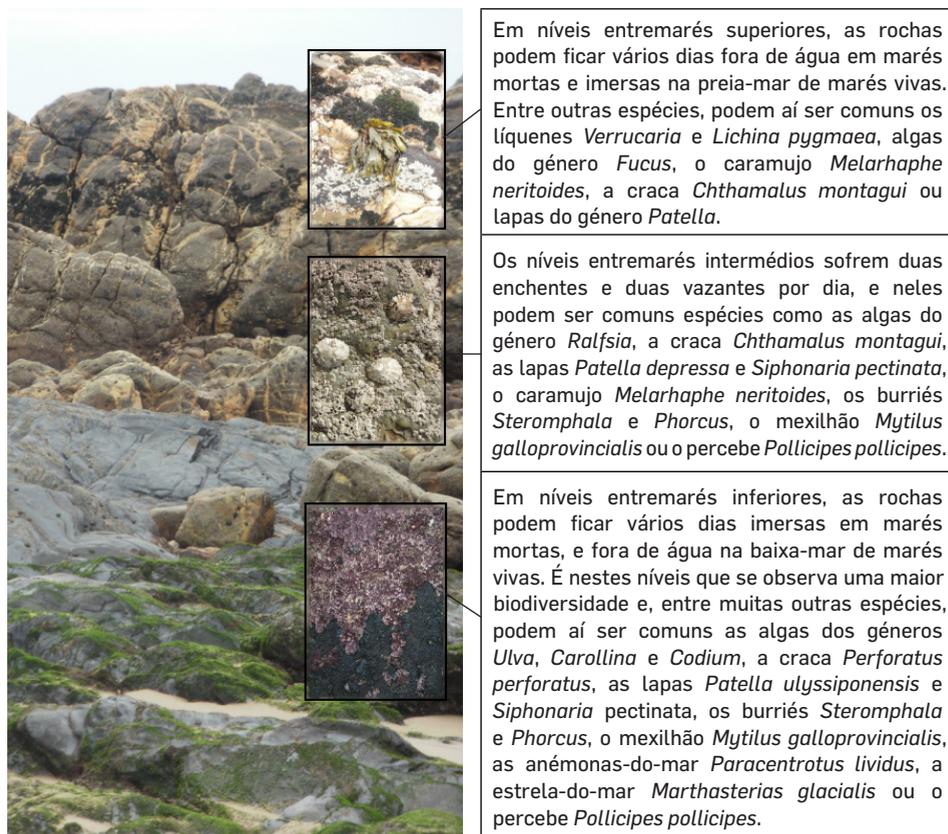


FIGURA 3. Variação vertical de condições ambientais e ocorrência de espécies comuns numa zona entremarés rochosa do litoral alentejano.

Nesta zona entremarés, a distribuição vertical das espécies de algas, líquenes e animais é muito variável: umas são mais abundantes em níveis inferiores, outras em níveis superiores ou intermédios; umas distribuem-se em quase toda esta zona, outras encontram-se sobretudo em poças de maré. Cada espécie tem a sua zona ou área de distribuição vertical, com um limite superior e outro inferior.

Nos fundos rochosos entremarés há organismos marinhos que vivem fixos ao fundo de modo permanente (FIGURA 4), como algas, anémonas-do-mar, mexilhões, cracas e percebes, ou são sedentários e possuem mobilidade reduzida, como lapas, burriés e búzios.



FIGURA 4. Organismos fixos ao substrato rochoso. A) Mexilhões, cracas e anêmonas-do-mar. B) Percebes e mexilhões.

No caso de algas marinhas que vivem fixas às rochas neste ambiente, ficar fora de água durante algumas horas pode implicar perder grande parte da sua água e, em casos extremos, morrer devido à dessecação e ao calor.

Para animais que aí vivem, fixos (por exemplo, anêmonas-do-mar, mexilhões, cracas ou percebes) ou sedentários (por exemplo, lapas ou burriés - FIGURA 5), que são marinhos e respiram na água do mar, ficar fora de água durante várias horas exige a manutenção de água no seu corpo e outras adaptações.

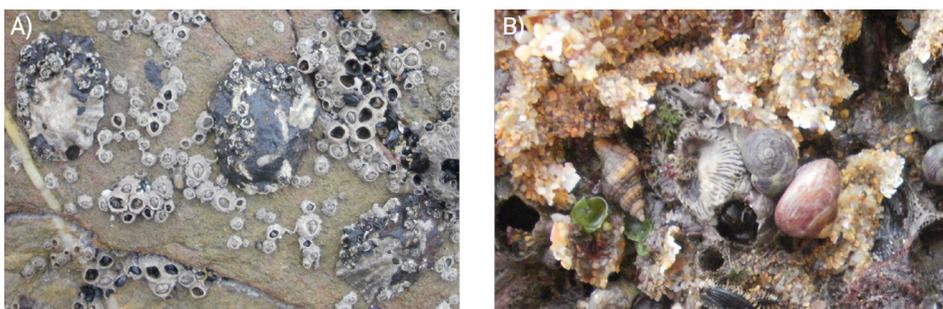


FIGURA 5. Organismos móveis sedentários. A) Lapas. B) Burriés e búzio.

Os mexilhões, as cracas e os percebes possuem conchas ou placas calcárias que se fecham na maré baixa, mantendo o seu corpo com água. Em contacto com a rocha, a concha das lapas também permite esta manutenção de água, e as anêmonas-do-mar recolhem os seus tentáculos e produzem um muco que as protege da dessecação (FIGURA 6).

Os fundos rochosos são irregulares, com frestas e poças de maré, cuja abundância e dimensão também condicionam a distribuição e abundância dos organismos entremarés, pois permitem a retenção de água (FIGURA 7). É comum a ocorrência de diversas espécies em poças de maré, como algas, lapas, burriés, mexilhões, anêmonas-do-mar, camarões, caranguejos, polvos, ouriços-do-mar ou estrelas-do-mar, muitas vezes diferentes ou com diferente abundância em relação às espécies que ocorrem fora das poças, num mesmo nível vertical.



FIGURA 6. A) Mexilhões. B) Cracas. C) Percebes. D) Anêmona-do-mar.

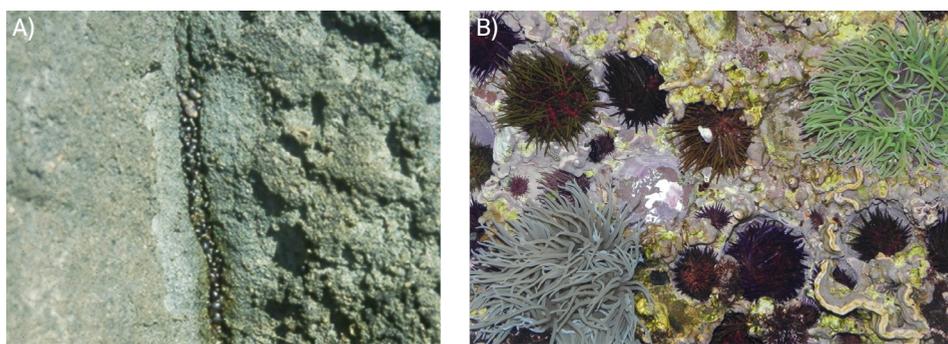


FIGURA 7. A) Fresta com caramujos da espécie *Melarhaphé neritoides*. B) Poça de maré com algas calcárias incrustantes, anêmonas-do-mar e ouriços-do-mar.

A distribuição e abundância dos organismos entremarés também podem ser condicionadas por fatores biológicos, como a predação (inclui herbivoria), através da qual as lapas limitam o crescimento e a distribuição das algas de que se alimentam, ou a competição entre espécies, nomeadamente pela ocupação do espaço (FIGURA 8).

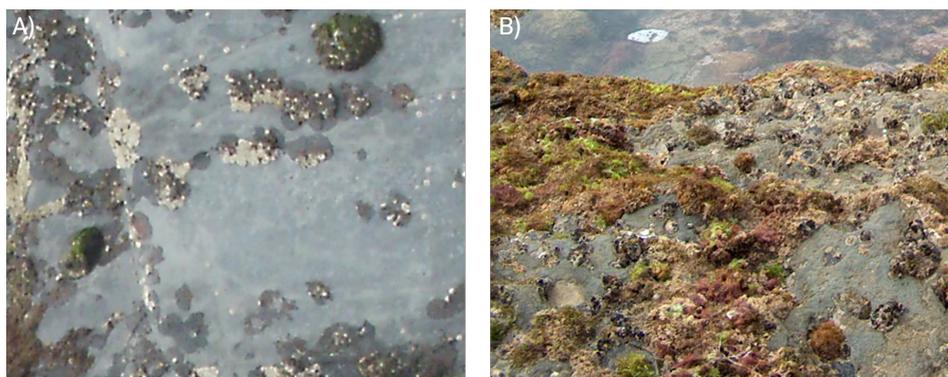


FIGURA 8. A) A predação de algas por lapas permite a fixação e o crescimento de algas incrustantes e cracas. B) Algas e lapas competem pela ocupação do espaço.

Em níveis inferiores, as algas são geralmente muito abundantes. Aí, a capacidade competitiva das algas é superior à das lapas e cracas, que são mais abundantes em níveis situados mais acima (FIGURA 9). As lapas alimentam-se sobretudo de algas e, para tal, raspam a superfície da rocha, criando espaços com menos algas. Havendo poucas algas fixas na rocha, as larvas das cracas, bem como de outros animais, conseguem fixar-se mais facilmente na superfície da rocha. Por outro lado, se houver poucas lapas e as algas se fixarem e crescerem por cima das cracas, o funcionamento (por exemplo, a alimentação e a respiração) das cracas pode ser perturbado.

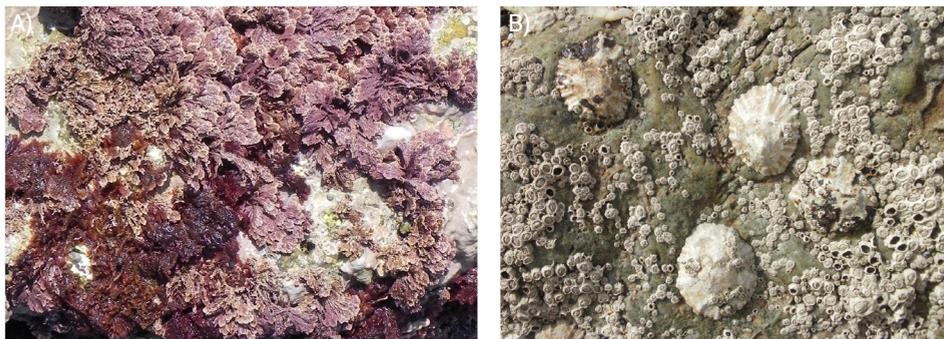


FIGURA 9. A) Algas folhosas e incrustantes num nível inferior entremarés. B) Cracas e lapas num nível médio entremarés.

Muitas destas espécies possuem ciclos de vida com estados larvares (no caso dos animais) ou propágulos (no caso das algas) planctónicos (o plâncton aquático é o conjunto de organismos que vivem à deriva na água e não possuem grande capacidade de natação). Pertencendo ao plâncton durante algum tempo (minutos a semanas), estas larvas e estes propágulos microscópicos podem ser transportados ao longo da costa ou para longe desta. No final do seu desenvolvimento, os que se encontram junto à costa e conseguem fixar-se a um substrato adequado, transformam-se em minúsculos mexilhões, percebes, lapas, cracas, algas, etc., e o seu ciclo de vida é reiniciado no litoral.

Através de interações biológicas como as referidas, muitos destes organismos são importantes do ponto de vista ecológico, atendendo à função que desempenham no ecossistema. As algas são importantes produtores primários e as lapas, importantes consumidores primários. Organismos filtradores como as cracas, os percebes ou os mexilhões, são importantes na transferência de energia entre o plâncton e os organismos bentónicos, que vivem no fundo e dele dependem. Quando abundam, as espécies sésseis ou permanentemente fixas (algas, cracas, mexilhões e percebes) são importantes ocupadores de espaço e formadores de *habitat* para outras espécies (por exemplo, pequenos crustáceos e minhocas). Estas espécies e outras que vivem neste *habitat* são também uma importante fonte de alimento de animais de níveis tróficos superiores, como os peixes.

Geoparques e Parques Geológicos

Descubra as diferenças

Nuno Pimentel

DG/ IDL/ Universidade de Lisboa

Já todos ouvimos falar de Parques Geológicos e também, mais recentemente, de Geoparques. Embora pareçam iguais na sua semântica, com os mesmos dois termos a aparecerem separados ou aglutinados, na realidade são dois conceitos muito distintos. Importa por isso descobrir as diferenças e perceber “quem é quem” nesta coisa dos parques, em que a Geologia é claramente a rainha e nós (os visitantes) os seus consortes.

Os Parques Geológicos são em geral Parques Naturais em que a Geologia desempenha um papel primordial no seu interesse e atratividade. Embora haja dezenas de parques geológicos nos EUA, na Europa e na Ásia, os exemplos mais paradigmáticos são os grandes parques nacionais dos Estados Unidos da América, como o *Grand Canyon*, *Yellowstone* ou a *Petrified Forest*. No *Grand Canyon*, certamente o mais famoso e visitado parque dos EUA, a grande estrela é a sua Geomorfologia, com o espetacular encaixe do Rio Colorado - o vale fluvial atravessa e expõe centenas de metros de rochas que nos mostram a história geológica da região, desde as rochas ígneas e metamórficas mais antigas e deformadas (com mais de 1.000 milhões de anos), até às camadas sedimentares tabulares mais recentes (com cerca de 275 milhões de anos). No *Yellowstone*, os fenómenos geológicos relacionados com a presença de uma câmara magmática próxima da superfície são responsáveis pela maior concentração (mais de 50%) dos *geysers* ativos em todo o mundo. Na *Petrified Forest*, como o nome indica, são os inúmeros troncos fossilizados (silicificados) de grandes árvores com mais de 200 milhões de anos, o principal motivo de interesse daquele parque.

Nestes e em vários outros Parques Nacionais dos EUA, a Geologia foi claramente o fator-chave para a sua criação. Mas outros aspetos como a Natureza (englobando as paisagens geológicas, a fauna e a flora) e a Cultura, são também frequentemente valorizados e podem ser explorados pelos visitantes. Ainda assim, a dinamização destes parques centra-se

no usufruto desses valores naturais por si mesmos, através de visitas guiadas, excursões, passeios, atividades educativas, etc.. Por outras palavras, o território é entendido como um conjunto de valores naturais e culturais para serem olhados e apreciados pelos visitantes que vêm de fora, como se de um museu (um bom museu, dinâmico e ativo) se tratasse... mas ao ar livre (FIGURA 1)!



FIGURA 1. A Costa Alentejana poderia ser um excelente Parque Geológico, com paisagens naturais extraordinárias e elementos geológicos de enorme relevância. Nesta foto vemos a discordância angular da Praia do Telheiro (Vila do Bispo), pondo em contacto arenitos triásicos e xistos paleozoicos dobrados.

Os Geoparques são um conceito lançado em 2001 pela Organização de Educação, Ciência e Cultura das Nações Unidas (UNESCO). Em 2014, 17 Geoparques europeus e 8 chineses fundaram a Rede Global de Geoparques da UNESCO (UGGN), que rapidamente foi crescendo com novas adesões, atingindo em 2021 o número de 169 distribuídos por 44 países. Cerca de metade encontra-se na Europa, com 81 territórios distribuídos por 26 países, destacando-se a Espanha com 15 e a Itália com 11, enquanto Portugal tem neste momento 5 Geoparques mundiais e 3 aspirantes, de que falaremos adiante.

Segundo a definição da própria UNESCO, os Geoparques Globais da UNESCO (UGG) são áreas geográficas singulares onde locais e paisagens de importância geológica internacional são geridas com base num conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. Cada UGG compreende uma série de locais com património geológico de especial importância científica, raridade ou beleza, representativos da história geológica de uma região e dos eventos e processos que a formaram, devendo também incluir património natural, histórico e cultural tangível ou imaterial. Como se pode desde logo entender, o âmbito dos geoparques não se cinge à sua Geologia, procurando olhar para além dela, para o território na sua integralidade, como instrumento educativo e de desenvolvimento regional.

Para a UNESCO, a Geologia é “apenas” o ponto de partida de um Geoparque, não o seu

ponto de chegada. É com base na existência de aspetos geológicos ímpares e de relevância internacional, avaliada e atestada por especialistas externos, que cada Geoparque deverá procurar a sua estratégia de desenvolvimento local. Este é, portanto, um processo eminentemente *bottom-up*, ou seja, um processo que parte das entidades locais e das chamadas “forças vivas da região”, para construir uma ideia de “território”, com identidade geológica, natural e patrimonial própria. E só então, a partir daí, deverá lançar-se para uma abordagem holística, em que todos os valores desse território possam contribuir, de forma articulada e harmoniosa, para o desenvolvimento sustentável da região.



FIGURA 2. As arribas litorais da região oeste, constituídas por arenitos e argilas fluviais da Formação Lourinhã, a principal fonte de fósseis de dinossauros na região, são um elemento geológico relevante do aspirante Geoparque Oeste.

Tal como os Parques Geológicos, os Geoparques têm como “âncora” a existência de elementos geológicos únicos e de relevância nacional ou internacional (FIGURA 2). Mas um Geoparque implica uma estratégia de longo prazo, assente em três pilares essenciais: a Geoconservação, a Geoeducação e o Geoturismo. A Geoconservação consiste na identificação, caracterização, preservação e usufruto dos principais elementos geológicos do território - os chamados Geosítios. A Geoeducação consiste em desenvolver atividades junto do público escolar e da população em geral, acerca do valor, importância e significado desses Geosítios, mas também de todo o outro património natural e cultural da região. Finalmente, o Geoturismo consiste na promoção da visitação e estadia dos visitantes locais, nacionais e estrangeiros, direcionada para o usufruto natural desse patrim nio. A integração destes três pilares assegura que o território tem um desenvolvimento equilibrado, usando os seus valores endógenos e promovendo a sustentabilidade.

Portugal tem neste momento 5 Geoparques já reconhecidos pela UNESCO: Naturtejo, Arouca, Açores, Terra de Cavaleiros e Estrela. Cada um destes geoparques tem características muito próprias, contando a todos os visitantes uma parte da história do nosso planeta. No Naturtejo,

o forte contexto paisagístico da Meseta meridional enquadra o Monumento Natural das Portas do Ródão e contém o Parque Tecnológico de Penha Garcia. Em Arouca, nas rochas metamórficas paleozoicas encontramos as famosas trilobites gigantes e nos granitos da Serra da Freita as peculiares “pedras parideiras”. Em Terras de Cavaleiros percorremos centenas de milhões de anos de geohistória em rochas que nos falam de antigos oceanos e nos mostram uma “janela” para o Manto terrestre. Nos Açores encontramos evidências paisagísticas e geológicas dos processos vulcânicos antigos e recentes, nas nove ilhas e também no fundo marinho entre elas. Na Estrela, o glaciário, com os seus processos, formas e depósitos característicos, é o cerne temático deste geoparque, a par das suas extensas paisagens e elevada biodiversidade.

Na calha estão já outros territórios “aspirantes” a Geoparques UNESCO. No aspirante Geoparque Oeste (entre Torres Vedras, Montejunto e as Caldas da Rainha) destaca-se a riqueza em fósseis de dinossauros do Jurássico e o GSSP (*Global Boundary Stratotype Sections and Point*) que marca universalmente o início do Toarciano, para além do excelente registo geológico das sucessivas etapas de abertura do Atlântico Norte (FIGURA 2). No aspirante Geoparque Algarvensis, a descoberta de uma jazida muito rica em fósseis do Triásico superior, contendo o crânio de um *Metaposaurus algarvensis*, serviu de mote para o seu lançamento, acompanhado de muitos outros pontos de interesse geológico no barrocal algarvio, incluindo a mina de sal-gema de Loulé. No aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo, complementam-se as rochas paleozoicas que nos falam do antigo oceano *Rheic*, com os vestígios mais recentes da evolução da orla costeira do Atlântico. Por fim, o projeto de um futuro Geoparque Atlântico (entre a Figueira da Foz e Penacova) foi lançado em 2021 para valorizar um registo geológico com mais de 500 milhões de anos, desde antigas cadeias montanhosas arrasadas até à abertura do oceano Atlântico.



FIGURA 3. Nas arribas da Praia de Paimogo, nos depósitos da Formação Lourinhã (ao fundo), foram encontrados ossos e ovos de dinossauros, de relevância internacional. Porém, no conceito de Geoparque, devemos olhar também para a vegetação costeira, para o Forte setecentista e para a erosão que o ameaça ou para a baía que viu desembarcar as tropas inglesas para a Batalha do Vimeiro.

Para terminar esta nota, numa Revista direcionada essencialmente para os docentes e alunos do ensino pré-universitário, importará abordar a importância dos geoparques na educação formal e informal da população. Considera-se que o contacto com os espaços naturais, englobando a Geologia com a Biologia e também com a História e Geografia, tal como é preconizado nos geoparques, é essencial para uma educação, e até mesmo para uma cidadania, integrais (FIGURA 3). Esta é uma abordagem que urge implementar, no sentido de ligar as populações, em particular as estudantis, ao espaço real e natural que as rodeia. Levar os alunos a sair e a olhar para o território, a paisagem, as rochas e toda a vida (vegetal, animal e humana) que elas suportam, é fundamental neste século tecnológico, mas também ecológico. Os Geoparques pretendem assim contribuir para este desígnio, ao mesmo tempo que promovem o desenvolvimento sustentável do território e das populações que nele habitam e trabalham.

Divulgar a Ciência

As paisagens perdidas dos últimos caçadores-recoletores do SW Ibérico

Ana Maria Costa

LARC/ DGPC/ EnvArch/ CIBIO/ InBIO/ IDL/ Universidade de Lisboa

IIIPC/ Universidad de Cantabria

A divulgação científica é uma ferramenta fundamental na investigação, pois aproxima a ciência da sociedade e aumenta a visibilidade do trabalho desenvolvido. Apresenta-se um trabalho de divulgação científica realizado no âmbito do concurso institucional da Universidade da Cantábria *#PhDenlaUC*. O trabalho apresentado foi premiado com o 2.º lugar, revelando ser uma experiência de sucesso na divulgação de ciência para um público generalizado.

A divulgação da ciência é uma etapa fundamental e indispensável na investigação científica, pois permite diminuir a distância entre a ciência, a tecnologia e a inovação e a sociedade em geral, aumentando a confiança dos cidadãos nos avanços científicos e tecnológicos e simultaneamente melhorando a sua formação, cultura e conhecimentos técnico-científicos.

De igual forma, a divulgação científica aumenta a visibilidade do trabalho desenvolvido, ressalva a importância da investigação nas diferentes áreas disciplinares e revela como os resultados obtidos podem contribuir para a solução de problemas atuais da sociedade. A divulgação e/ou comunicação da ciência tem ainda uma função essencial na transmissão e na atualização de conhecimentos para o público escolar, professores e alunos, tanto no ensino básico, como no secundário: serão os jovens em idade escolar os investigadores do futuro.

Com o principal objectivo de potenciar a comunicação e divulgação das investigações desenvolvidas na Universidade da Cantábria (UC, Santander, Espanha), a sua Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i) lança, periodicamente, um desafio à comunidade estudante de doutoramento através do *#PhDenlaUC*, um concurso orientado para a divulgação dos trabalhos de doutoramento em desenvolvimento na instituição, nos diversos planos doutorais disponíveis.

O trabalho desenvolvido no âmbito deste concurso, dirigido a um público generalizado, é realizado em duas fases: uma escrita e outra visual que inclui uma imagem e uma

apresentação oral para divulgação nas redes sociais. De acordo com as regras estabelecidas, o texto apresentado deve ter um título conciso (máximo 50 caracteres incluindo espaços), apresentar os objetivos da investigação, o trabalho desenvolvido, os resultados preliminares e qual o retorno para a sociedade de forma clara, simples e divulgativa, não ultrapassando os 3000 caracteres (incluindo espaços). A imagem deve estar relacionada com o projeto e ter licença Creative Commons (CC). A apresentação oral, que tem como objetivo avaliar a capacidade de comunicação, não deve ter mais do que 3 minutos, e deve ser utilizada uma linguagem simples, clara e acessível ao grande público.

Este artigo tem como objetivo apresentar um dos trabalhos submetido a concurso, realizado no âmbito de uma tese de doutoramento do plano doutoral em Arqueologia Prehistórica, na área temática da Geoarqueologia intitulada *The Lower Sado valley 8000 years ago: relations between environmental events and cultural adaptations*. Estas investigações têm como objetivo caracterizar o ambiente e a morfologia do vale do rio Sado (Portugal) e a sua evolução nos últimos 9000 anos, em particular durante a ocupação dos últimos caçadores-recolectores do Mesolítico do SW Ibérico.

O texto apresentado na primeira fase segue abaixo.

Paisagens Perdidas: Os últimos caçadores do SW Ibérico

A Terra é um Planeta dinâmico. O seu clima, os seus ambientes e as suas paisagens mudam constantemente, assim como as respostas culturais das sociedades. Hoje em dia, as mudanças ambientais são uma das principais preocupações da sociedade: o nível do mar está a subir, as tempestades têm padrões pouco comuns, a temperatura global está a aumentar... Investigadores de todo o mundo colaboram na busca de respostas para essas mudanças e na forma de aumentar a resiliência das nossas sociedades. Mas já houve outras mudanças ambientais no Passado. Como lidaram os nossos antepassados com essas mudanças?

O meu trabalho de investigação tem como objetivo reconstruir os ambientes perdidos do vale do rio Sado (Sul de Portugal), ocupados pelas últimas comunidades de caçadores-recolectores do Mesolítico Recente (ca. 6400-5000 a.C.) que exploravam os recursos marinhos do estuário do Sado. Conchas de amêijoas e berbigões, espécies que toleram baixas salinidades e que ainda hoje em dia habitam o estuário, constituem a maior parte do conteúdo arqueológico dos sítios mesolíticos identificados na área. A maioria destes sítios situa-se no topo das vertentes que margeiam o vale, a cerca de 40 m de altura, metros a quilómetros de distância do antigo estuário, refletindo a importância dos bivalves para estas comunidades.

Nessa altura, devido essencialmente ao aquecimento global, o nível médio do mar estava a subir muito rápido, inundando as áreas do vale do Sado nas proximidades de onde foram identificados a maior parte dos sítios. Trabalhos publicados recentemente estimam que o nível médio do mar subiu cerca de 10 metros durante a ocupação do Mesolítico Recente. Devido a um contínuo assoreamento e inundação, as margens do estuário estavam em constante mudança, assim como estavam as áreas disponibilizadas a estas comunidades para a exploração de recursos marinhos.

Ainda assim, estes grupos mantiveram a sua forma de vida durante mais de 1000 anos, o que reflete a sua resiliência frente às mudanças ambientais. E assim continuaram, pelo menos até à chegada dos camponeses do Neolítico, com as suas novas respostas culturais.

O meu trabalho consiste em desenhar a morfologia do paleovale através da análise de dados geofísicos recuperados no canal do Sado, e na caracterização das condições paleoambientais e as suas mudanças ao longo do tempo através da análise da composição sedimentar e geoquímica dos sedimentos. Os resultados preliminares apontam para a prevalência de condições estuarinas na zona até há 4000 anos, com maior influência marinha durante o Mesolítico Recente. Os ambientes fluviais desenvolveram-se essencialmente a partir desta data. Atualmente, a grande extensão de arrozais nas margens do Sado revela que a zona ainda tem muito para oferecer às nossas sociedades.

O conhecimento gerado através deste trabalho ajudará a compreender melhor as relações dos últimos caçadores Ibéricos com o seu ambiente, as suas adaptações às mudanças ambientais e confiamos que contribua também para a construção de novas soluções para o futuro.

Acompanha o texto uma fotografia feita no Sado (FIGURA 1), realizada com o intuito de mostrar os elementos mencionados: o rio, as margens onde se estendem os arrozais, que no passado ofereciam condições para a existência de organismos (bivalves) marinhos, a recolção nas margens e, ao fundo, as vertentes no topo das quais foram identificados a maior parte dos sítios arqueológicos do Mesolítico.



FIGURA 1. O vale do Sado. (José Vicente | Agência Calipo 2020)

A mesma fotografia foi utilizada para a divulgação nas redes sociais, *twitter* e *facebook*, acompanhada por legendas curtas:

Este é o rio Sado. Há 8000 anos o seu vale foi ocupado pelos últimos caçadores ibéricos, que exploravam as suas margens em constante mudança. O vale ainda preserva testemunhos daquelas paisagens perdidas. A minha tarefa é trazê-las para o presente (facebook).

Este é o Sado. Há 8000 anos os nossos antepassados recoletavam aqui moluscos. Hoje os arrozais cobrem a planície aluvial, mas por baixo ainda se conserva o registo do meio ambiente em que viveram. A minha tarefa é reconstruir aquela paisagem perdida (twitter).

Finalmente foi realizado um vídeo com a apresentação oral e disponibilizado no youtube para divulgação. Foram utilizados recursos de humor e teatrais, e uma linguagem simples e acessível.

Este trabalho alcançou o segundo lugar da II edição do concurso #PhDenlaUC. Foi um esforço recompensado! Como prémio será produzida uma curta de animação que contribuirá ainda mais para a divulgação do trabalho desenvolvido.

Acima de tudo, com este trabalho foi possível traduzir o resultado da investigação científica para uma linguagem acessível a um público generalizado, foi possível levar a Geologia, a Geoarqueologia, a Arqueologia, a Pré-história e o rio e o estuário do Sado a um público mais diversificado e foi possível realçar a importância da ciência para o conhecimento do Passado e como isso pode contribuir para o Futuro. No fundo, este trabalho foi um esforço mais do que recompensado!

Agradecimentos

Este trabalho de doutoramento desenvolve-se no âmbito dos projetos de investigação COASTTRAN (HAR2011-29907-C03-00), CoChange (HAR2014-51830-P) and SimTIC (HAR2017-82557-P) financiados pelo Ministério Espanhol da Ciência e Inovação e Back to Sado (PTDC/HIS-ARQ/121592/2010) financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Tem como instituições de acolhimento o LARCIDGPC, o IIIPCIUC e o IDLIUL. Agradeço o apoio dos coordenadores dos projetos e orientadores de tese nesta etapa da divulgação. Agradeço a quem leu, traduziu e corrigiu os textos. E agradeço a todos os que com partilhas, gostos e comentários ajudaram a divulgar a ciência nas redes sociais.

O *Geoscience Education Field Officer*

Gina P. Correia*, Hélder Pereira[†], Chris King[‡]

*CITEUC/ Universidade de Coimbra

[†]Escola Secundária de Loulé

[‡]Keele University

A importância do ensino das geociências, particularmente na sua vertente mais prática, como elemento basilar para a promoção da literacia científica, justifica a necessidade de oferta de uma formação mais criativa para os professores desta área do conhecimento. No final de 2018, a *European Geosciences Union*, concebeu a figura de *Geoscience Education Field Officer* um agente transmissor de propostas pedagógicas inovadoras para o ensino não superior. A criação desta figura é o resultado da preocupação deste organismo europeu que, nas últimas duas décadas, tem vindo a promover um conjunto de atividades que visam dar resposta à crescente desvalorização do ensino das geociências. Até dezembro de 2020, a ação deste novo *agente formador* permitiu o desenvolvimento de iniciativas que envolveram mais de quatro centenas de docentes, entre os quais 120 portugueses.

O conhecimento em geociências é vital para entender as ameaças globais do século XXI e será através dele que os seres humanos obterão as respostas para desenvolver a capacidade para manter o atual modo de vida. Assim, sendo esse conhecimento fundamental para a promoção de um desenvolvimento sustentável da sociedade global, é legítimo pensar a inclusão de conteúdos desta natureza nos currículos nacionais de nível básico e secundário, em todo o mundo. Embora em muitos países se verifique a existência curricular desses conteúdos, como é o caso de Portugal, nem sempre os programas são cumpridos de forma adequada. Para além disso, verificam-se lacunas na formação inicial dos professores e poucas oportunidades de desenvolvimento profissional. A estes constrangimentos, acresce a falta de qualidade dos materiais didáticos disponíveis.

Foi na sequência destas circunstâncias que conduziram à desvalorização do ensino das geociências que a *European Geosciences Union* (EGU) lançou o programa internacional EGU *Geoscience Education Field Officer* (EGU GEFO) criando a figura do *Geoscience Education Field Officer* (GEFO) enquanto agente promotor de uma estratégia inovadora que pretende contribuir para o desenvolvimento profissional dos atuais e futuros professores. Através da dinamização de oficinas com atividades práticas e dinâmicas interativas, o GEFO tem proporcionado, a professores do ensino básico e do ensino secundário, experiências diferenciadas de lecionação dos conteúdos curriculares relacionados com as geociências.

As propostas de oficinas dinamizadas pelo GEFO baseiam-se no método de ensino desenvolvido e testado pela *Earth Science Education Unit* (ESEU) da Universidade de Keele, Reino Unido. Um método inovador de formação e atualização profissional de professores, baseado em práticas interativas e numa panóplia de recursos didáticos que tem sido aplicada com sucesso desde 1999 no Reino Unido.

Os tópicos abordados nas oficinas incluem diversos conteúdos curriculares (*e.g.* tectónica de placas, ciclo das rochas, sismologia e vulcanologia, escala do tempo geológico, história da Terra) e abrangem quase todos os temas de geociências que, de acordo com o *International Geoscience Syllabus*, os alunos do ensino básico e secundário devem conhecer e compreender.

O GEFO prepara as suas oficinas, de acordo com o público alvo, a partir dos recursos didáticos originais de apoio da ESEU, que são de acesso livre e estão disponíveis em linha. Seguidamente, adapta estes materiais ao currículo nacional e ao nível de ensino objeto de aplicação. Na FIGURA 1 apresenta-se o produto final de uma das atividades disponibilizadas.

Estas atividades são particularmente atrativas e apelativas, uma vez que para além do seu carácter prático, são muito simples, utilizam materiais de fácil aquisição, pouco dispendiosos e, na sua maioria, disponíveis nos laboratórios das escolas.

O *modus operandi* do GEFO, baseado na simplicidade, na criatividade e na inovação, propicia com muita facilidade uma grande adesão por parte dos professores que veem nas oficinas a oportunidade de descomplicar conteúdos e, com a replicação das estratégias, garantir o interesse dos seus alunos para o estudo das geociências.

O GEFO colabora com entidades profissionais e científicas das quais se destacam, em Portugal, a Associação Portuguesa de Geólogos, a Associação Portuguesa de Professores de Biologia e Geologia, a Casa das Ciências e diferentes Universidades; contudo, o GEFO está disponível para cooperar com outras entidades que pretendam integrar estas oficinas nos seus planos de atividades.

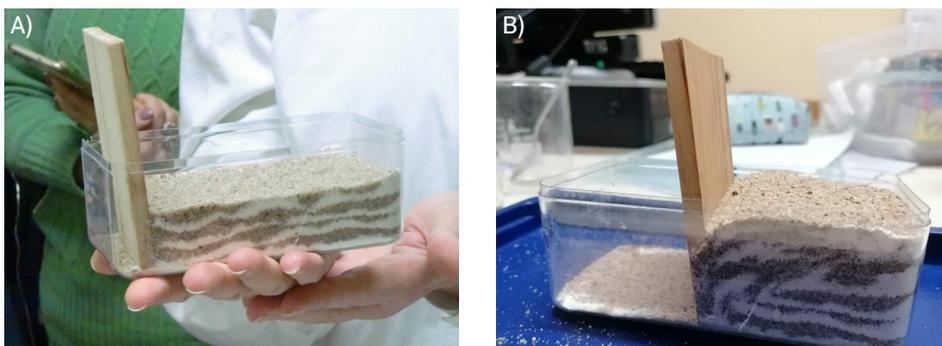


FIGURA 1. A) e B) Modelo de simulação da deformação das rochas durante o ciclo litológico obtido pelos participantes do curso de formação "Atividades práticas para o ensino da Ciências da Terra".

O programa internacional EGU *Geoscience Education Field Officer*

A *European Geosciences Union* (EGU) é a principal organização internacional que promove a investigação nas áreas das Ciências da Terra e do Espaço na Europa. Com o objetivo de garantir um futuro sustentável e justo para a humanidade e para o planeta, a EGU tem fomentado, desde a sua criação, a realização de investigação fundamental e aplicada que abordam os principais desafios sociais e ambientais. Neste contexto, a sua estrutura inclui uma Comissão de Educação (EGU CoE) que tem dinamizado uma série de iniciativas na área da educação e promoção das geociências. A mais recente dessas iniciativas consistiu no lançamento, em 2019, do programa EGU GEFO, que inclui quatro membros de países europeus, Espanha, França, Itália e Portugal. Atualmente, o programa EGU GEFO conta ainda com o apoio da *International Geoscience Education Organisation* (IGEO) e da *International Union of Geological Sciences* (IUGS) que patrocinam um membro oriundo da Índia e outro proveniente de Marrocos. Brevemente o programa contará com elementos de mais países europeus e outros de regiões fora da Europa.

A implementação do programa EGU GEFO teve início no final de 2018 quando a EGU CoE lançou, em diversos países europeus, um convite à submissão de candidaturas à posição de GEFO. Fora da Europa a IGEO/IUGS seguiu um procedimento semelhante. Uma vez selecionados, os seis GEFO oriundos de Espanha, França, Índia, Itália, Marrocos e Portugal reuniram-se pela primeira vez em Viena (Áustria) em abril de 2019. Ali participaram num curso intensivo de dois dias, durante o qual receberam formação acerca do método de ensino e aprendizagem e dos materiais didáticos a usar no âmbito do programa EGU GEFO. Os GEFO são investigadores e profissionais da educação em geociências que lecionam nos ensinos básico, secundário ou superior e contam com o apoio da EGU CoE através de um pequeno financiamento que possibilita o desenvolvimento e divulgação do programa no seu país, e de uma pequena rede de colaboradores nacionais. Assim, de regresso aos seus países, os GEFO adquiriram e construíram os materiais didáticos necessários ao desen-

volvimento de um conjunto de oficinas de formação e iniciaram o processo de divulgação junto de entidades nacionais (e.g. associações nacionais de professores, universidades, associações científicas, Ministério da Educação, Geoparques) que pudessem acolher as suas iniciativas, bem como marcaram presença em eventos científicos com a apresentação de comunicações orais publicitando a sua oferta formativa. O balanço do primeiro ano de atividade (maio 2019 a abril 2020) mostra que, no conjunto dos países envolvidos, foram dinamizadas mais de duas dezenas de oficinas nas quais participaram cerca de quatro centenas de professores pertencentes a 188 estabelecimentos escolares.

Considerações finais

A conceção da figura de GEFO é uma estratégia inovadora, diferenciadora e catalisadora de sucesso no ensino e aprendizagem das geociências com capacidade para recriar nos professores as competências necessárias ao fomento de uma educação geocientífica.

Em Portugal, os dados obtidos permitem-nos concluir que os participantes aproveitaram muito da frequência das atividades (oficinas e curso de formação) realizadas e mostraram interesse em participar em iniciativas futuras, o que condiz com os resultados obtidos na avaliação global da implementação do programa EGU GEFO no conjunto dos países envolvidos.

Para o sucesso da ação do GEFO e do programa EGU GEFO e para o cumprimento dos objetivos propostos salienta-se, à semelhança do que aconteceu em todos os países envolvidos: os excelentes recursos provenientes da experiência da ESEU, o método de trabalho interativo, a permanente colaboração e apoio da EGU CoE e a rede de colaboradores nacionais dos GEFO e, também, no caso português, a receptividade das instituições nacionais que acolheram e apoiaram as iniciativas deste programa.

Futuramente, pretende-se aumentar e diversificar a quantidade de atividades e alargar a sua disponibilização a diferentes pontos do país; assim como, avaliar a mudança nas práticas em contexto de sala de aula dos participantes que frequentaram estas iniciativas.

Modelos análogos

Crescimento de cristais

Maria de Jesus E. Reis, Rosa Medina de Sousa, Sara R. Santos

Escola Básica de Freiria

O presente trabalho apresenta três atividades experimentais a desenvolver com alunos do 7.º ano, Ciências Naturais e/ou 11.º ano de Biologia e Geologia, com graus de profundidade e enquadramento distintos, que pretendem simular processos análogos aos que ocorrem na Natureza, nomeadamente o desenvolvimento de cristais em grutas e outras cavidades e espaços vazios, cárnicos, quer sob a forma de estalactites e estalagmites, quer em solução aquosa. Para o efeito foram utilizadas substâncias químicas que habitualmente existem nos laboratórios das escolas (borato de sódio, sulfato de potássio e alumínio e bicarbonato de sódio). Descreve-se o modo como decorreram as atividades e os resultados obtidos, concluindo-se que as soluções de borato de sódio e de bicarbonato de sódio poderão ser utilizadas para demonstrar o processo de formação de cristais de calcite nas cavidades cárnicas, enquanto a solução de sulfato de potássio e alumínio será mais indicada para simular o desenvolvimento de cristais em meio aquoso. Destaca-se a importância da utilização de modelos análogos no ensino da geologia.

Em maio de 2017, no âmbito da ação de formação "Geologia, uma ciência alicerçada na Física e na Química", fomos desafiadas a desenvolver atividades práticas que integrassem as referidas ciências. O documento "Aprendizagens essenciais" emanado pelo Ministério da Educação prevê que *"os alunos se assumam como agentes ativos na construção do seu próprio conhecimento, pesquisando e organizando informação, analisando e interpretando dados, planificando e executando atividades práticas"*, sendo que *"as atividades práticas devem ser valorizadas e consideradas como parte integrante e fundamental dos processos de ensino e de aprendizagem em todas as temáticas"*. Nesse sentido desenvolvemos e testámos três atividades experimentais, destinadas a alunos do 7.º ano, Ciências Naturais e/ou 11.º ano de Biologia e Geologia, para implementar em sala de aula. Com estas pretendemos simular processos análogos aos que ocorrem na Natureza, nomeadamente o desenvolvimento de cristais em cavidades cárnicas, quer em ambiente aéreo sob a forma de estalactites e estalagmites, quer em solução aquosa (FIGURA 1). Optámos por escolher substâncias

químicas que existem habitualmente nos laboratórios das escolas e que permitam analogias a substâncias associadas aos processos naturais de geodinâmica externa, em estudo.

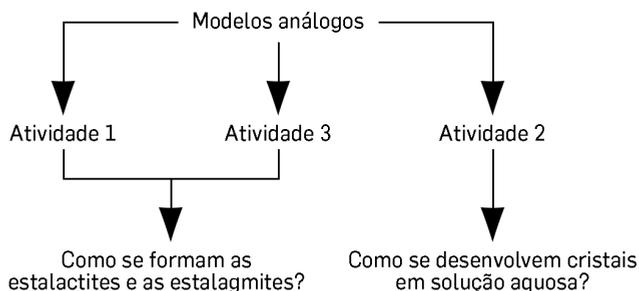
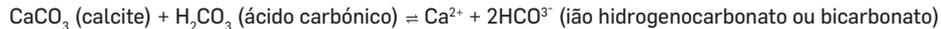


FIGURA 1. Esquema simplificado das atividades desenvolvidas.

Formação das grutas calcárias, das estalactites e das estalagmites

Os calcários são fundamentalmente formados por um mineral chamado calcite, CaCO_3 - carbonato de cálcio.

É a ação química das águas enriquecidas em dióxido de carbono que circulam nas zonas subterrâneas dos maciços calcários que, ao longo de milhões de anos, provoca a formação de galerias e cavidades que constituem as grutas – carbonatação (meteorização química) (FIGURA 2).



Como resultado desta reação surge bicarbonato de cálcio dissolvido na água. Em determinadas circunstâncias, como mudanças de pressão e/ou de temperatura por exemplo, os íões precipitam originando as estalactites e as estalagmites.

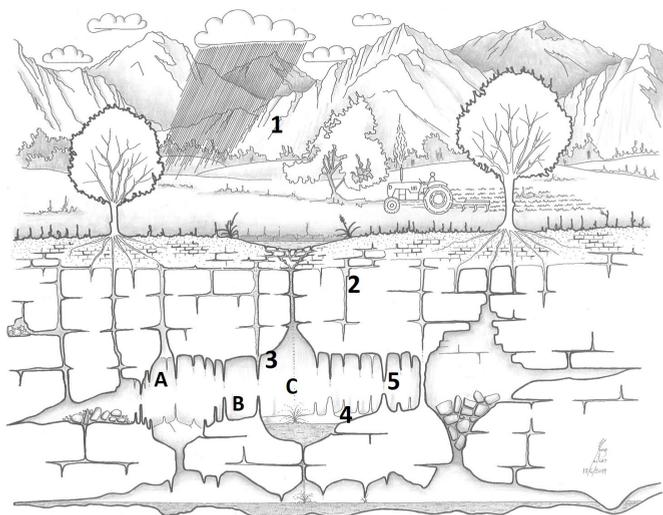
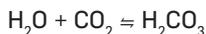
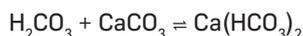


FIGURA 2. Corte esquemático de algumas formações do modelado cárstico (grutas).

1. Quando chove, a água da chuva dissolve o dióxido de carbono existente na atmosfera e forma um ácido fraco (ácido carbônico). A acidez da água pode ser potenciada pelos ácidos húmicos resultantes da percolação da água na manta morta (secção superficial do solo em que as folhas, raízes e restante matéria orgânica existem em abundância em climas temperados).



2. A lenta circulação das águas aciduladas, pelas fendas, leva à dissolução do calcário (calcite).



Ao longo do tempo as fendas vão alargando e às vezes formam largos e longos canais subterrâneos onde há circulação da água (rios subterrâneos). As zonas mais alargadas correspondem às cavidades cársticas (cavernas, lapas, ...) **(C)**.

3. As águas em circulação subterrânea contêm hidrogenocarbonato de cálcio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ em solução. Quando ficam saturadas, ocorre a precipitação de calcite podendo levar à formação das estalactites **(A)**.



4. A contínua circulação da água leva a que os pingos ao caírem no fundo da gruta, precipitem o carbonato de cálcio e se deposite a calcite, formando sucessivas camadas que dão origem às estalagmites **(B)**.
5. Quando as estalactites e as estalagmites se unem, formam uma coluna, processo que pode demorar de muitos milhares a milhões de anos.

Discussão dos resultados

As soluções correm por adsorção ao longo do cordão verificando-se, à medida que a água evapora, a formação de cristais, por precipitação, no cordão, no fundo do frasco e na caixa de Petri.

Nas soluções 1 e 3, o crescimento de cristais ao longo do cordão e na caixa de Petri, pode constituir um modelo análogo à formação dos cristais de calcite (estalactites, estalagmites, travertinos, tufos calcários) nas grutas dos maciços calcários ou em locais onde

possam circular águas ricas em carbonato de cálcio. As soluções 1 e 3 são as melhores para demonstrar esse processo.

Nas soluções 1 e 2, os sais dissolvidos na água cristalizam à medida que a solução se torna sobressaturada pela evaporação da água. Este crescimento de cristais dentro da solução poderá ser análogo à formação de cristais de selenite, como os existentes na gruta de Naica, no México.

Nota: deve-se utilizar cordão de algodão/fibras naturais. Com os cordões sintéticos corre-se o risco de não haver adsorção; devem-se utilizar corantes de cor clara o que permitirá observar mais facilmente o crescimento de cristais na solução.

Considerações finais

- A formação e desenvolvimento de cristais, quer em laboratório quer na natureza, implicam determinadas condições do meio. Os principais fatores externos que condicionam a formação dos cristais são a agitação do meio, o espaço disponível e a temperatura. A variação da temperatura/humidade ambiente poderá alterar a velocidade com que ocorre o processo, tal como na Natureza.
- Foi possível simular em laboratório, num curto intervalo de tempo (cerca de um mês) e de forma simples, a formação de cristais.
- Procurou-se, através das atividades experimentais apresentadas, estabelecer a analogia com a formação de estalactites e estalagmites das paisagens cársticas e com o desenvolvimento de grandes e espetaculares cristais, em condições particulares.
- Este tipo de atividade permite implementar um Domínio de Autonomia Curricular (DAC), opção curricular de trabalho interdisciplinar e articulação curricular, pois possibilita fazer a interseção de aprendizagens essenciais das disciplinas de ciências naturais, física e química e outras. Proporciona aos alunos a oportunidade de utilizar o método científico para pesquisar o mundo natural. Com base nas aprendizagens essenciais das disciplinas, será possível explorar diferentes percursos pedagógico-didáticos, em que se irá privilegiar o trabalho prático, o uso de ferramentas colaborativas *online*, o desenvolvimento das capacidades de pesquisa e análise, de forma a tornar as aprendizagens mais significativas. Podem ser explorados os conceitos de fórmula química de um sal ou os conceitos de reação química, solução saturada, evaporação e precipitação, meteorização química das rochas, carbonatação, etc..
- Consideramos muito importante que desde cedo os alunos aprendam a relacionar as várias Ciências de forma holística e que interiorizem que, para estudar processos da natureza, precisam de recorrer a várias áreas do conhecimento científico.

Geologia de Marrocos

Dos fósseis do Saara aos primórdios da abertura do Atlântico

Luís Vítor Duarte*, Driss Sadki †

* Universidade de Coimbra/ MARE/ DCT

† Moulay Ismail University of Meknès/ Marrocos

Finalmente, e de novo, no deserto! Agora, no outro lado do Saara. Talvez melhor, “às portas” deste imenso deserto, na ponta mais ocidental dos Atlas, se tivermos o Chott el Djerid (Tunísia) como referência, a região das rosas do deserto. Tal como aí, estamos bem perto da fronteira com a Argélia. Erfoud é o principal centro urbano de onde se organiza grande parte das expedições a Merzouga e ao seu Erg Chebbi com as suas dunas pintadas de um amarelo torrado a alaranjado, que ferventa o nosso olhar (FIGURAS 1 e 2). Poderia ser mais um deserto de areia, no entanto as diferenças são evidentes quando comparado com o Wadi Rum na Jordânia. Mas o Erg Chebbi foi o primeiro a ser descoberto e as duas seguintes incursões aqui realizadas parecem ainda longe de “esgotar o filão”. Bom, o que seria se tivéssemos tido a oportunidade de assistir, ao vivo, ao concerto “*Water for Life Merzouga Morocco 2006*”, de Jean-Michel Jarre! Um visionário da música eletrónica e das “sonoridades do mundo”, que nos transportam para as belezas naturais da Terra, como são as sagas *Equinoxe* ou *Oxygène*. O problema da água que, em Merzouga, e independentemente das alterações climáticas, é um bem demasiadamente escasso desde há alguns (poucos) milhares de anos! Mas basta conhecer bem os mecanismos físicos da Terra e não ir mais longe do que o Holocénico para entender que há cerca de 6-7 mil anos, o clima no Norte de África era bem diferente do atual, significativamente mais húmido.

A propósito dos milhares de anos de ambiente árido, este manto de areia holocénica cobre terrenos muito antigos, de origem marinha, que remontam ao Paleozoico. Ainda melhor do que isso, “escondem” verdadeiras preciosidades paleontológicas e que tornaram esta região mundialmente conhecida.



FIGURA 1. As principais unidades morfoestruturais do norte de Marrocos, bem como a localização dos pontos propostos de observação geológica entre Erfoud e Marrakech.



FIGURA 2. O Erg Chebi, o deserto com as suas dunas de areia de tonalidade inconfundível.

A realçar, por exemplo, e dentro dos mais “triviais”, os registos emblemáticos de fósseis de trilobites, orthoceras, goniates e crinoides! Para não mencionar outras ocorrências, muito mais raras, que delicia o especialista e despertam toda a atenção do mundo dos curiosos. Erfoud é um lugar de feira permanente de fósseis e de minerais, muito maior que em Midelt, sendo um lugar de exportação para todo o planeta (FIGURA 3A)). Em pleno deserto! Algo que pode ser facilmente confirmado nas várias feiras de minerais e fósseis que se realizam em Portugal, através das bancadas repletas de belos exemplares paleontológicos com origem nesta região de Marrocos. Na verdade, algumas peças são tão perfeitas quanto falsas, tal é a arte e o *savoir faire* bem marroquino. Mas o melhor de tudo, para o geólogo, é ele poder descobrir alguns dos afloramentos clássicos desta região, ligeiramente destapados de areia

(FIGURA 3B)), e inundar a máquina fotográfica de belas imagens paleontológicas, pois aqui, o martelo serve mesmo é para escala (FIGURA 4).



FIGURA 3. A) Placa com fósseis de trilobites do Paleozoico do Anti-Atlas exposta no interior de um dos múltiplos armazéns de venda de fósseis de Erfoud. B) Pedreira de calcários cristalinos fossilíferos do Devónico entre Erfoud e Merzouga.

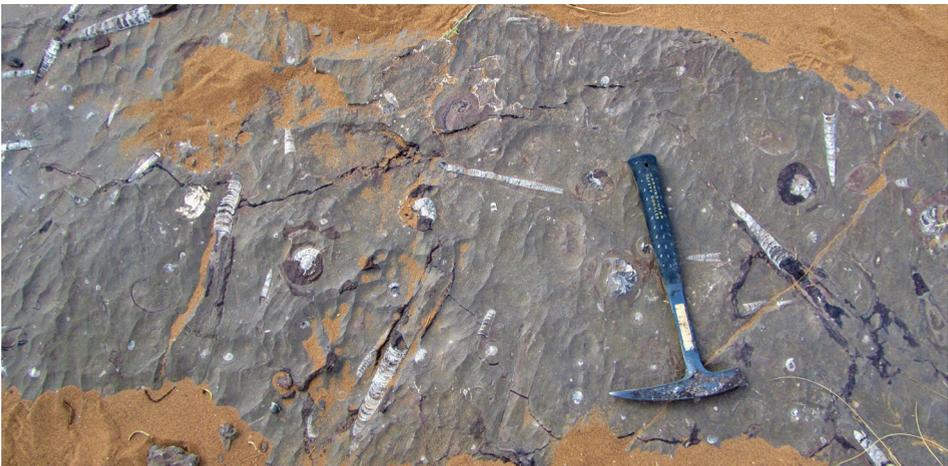


FIGURA 4. Detalhe de fósseis de orthoceras e goniatites do Devónico em calcário cristalino da região de Erfoud.

Poderíamos, e a recomendação é mesmo essa, permanecer mais (bastante!) tempo por Erfoud e Merzouga. Apesar da morfologia baixa, os recantos são mais que muitos, a exigirem espaço para a exigida contemplação. Mas as palavras podem esgotar este pequeno texto e ainda há muito para percorrer e observar. Vamos passar, na sua porção setentrional, pelo Anti-Atlas, a terceira grande morfologia atlásica, pois o grande objetivo é atravessar novamente o Alto Atlas e chegar a mais uma das cidades imperiais de Marrocos, Marrakech, incontestavelmente, a mais atrativa de todas! Ficará de fora dos três relatos marroquinos a capital Rabat, a cidade em falta com essa mesma etiqueta, mas a ausência de uma geologia a condizer, assim o exige.

O Anti-Atlas, que se desenvolve a ocidente de Erfoud, é geologicamente o mais complexo de todos os Atlas, com rochas maioritariamente "cristalinas" (magmáticas e metamórficas), sendo igualmente o de registo mais antigo (com litologias do Proterozoico). Ao olhar para os diversos relevos, estes são menos tabulares e muito mais irregulares, faltando frequentemente o traço da estratificação que caracteriza as rochas sedimentares. Num ápice, estamos novamente na fronteira sul do Alto Atlas, em Tinherir. E a escolha não é fácil, já que os motivos geomorfológicos retomam a excepcionalidade. As rochas duras da base do Jurássico voltam a aparecer e a tectónica a fazer os seus estragos, complicando a análise estratigráfica. É logo o caso do Thodra, mais um *oued* com a sua imponente *gorge* (feita em carbonatos do Sinemuriano, Jurássico Inferior), completamente desproporcionada por comparação à estreiteza do rio, com um frugal caudal que corre lá em baixo. Para jusante, as suas margens vão intersetando uma imensidão de unidades do Jurássico ao Cenozoico, sendo recortadas por todos os tipos de falhas – não esquecer a orogenia alpina –, dificultando ao máximo o trabalho de cartografia geológica, que aqui não é para novatos. Só mesmo visto! De mais fácil leitura, e proporcionalmente impactante, é o percurso do Thodra quando deixa o Atlas e se espraia junto à frondosa cidade de Tinherir (FIGURA 5).



FIGURA 5. Oásis do Thodra na bordadura sul do Alto Atlas junto a Tinerhir.

Tal como o Ziz, o Thodra não tem alternativa a não ficar pelo deserto. Assim como o Dadès, outro *oued*, que nos obriga a fazer uma nova subida pelo Alto Atlas, um pouco mais extensa, e tudo para ficarmos novamente de "boca aberta". Não há como não fomentar a documentação iconográfica, o que nos permite poupar nas palavras (FIGURAS 6 e 7). E seguir em direção a Ouarzazate, a cidade cinematográfica do norte de África, onde logramos aceitar o repto feito no Saara tunisino e tomar um *Chá no Deserto*. Ou rever *Babel*, com o mesmo

ator de *Sete anos no Tibete*, que tem o Atlas na própria história, assim como os cenários da respetiva gravação. Mas, antes disso, e de seguirmos para a etapa final, que nos levará até Marrakech, nada melhor do que sentir a atmosfera reinante em Kelaat-M'Gouna, bem no centro do indescritível Vale das Rosas, cujas essências aproveitam bem a água do Dadès.



FIGURA 6. Vista panorâmica, simplesmente arrebatadora, do curso do Dadès, a montante de Timzzillite. De notar, a impressão geomorfológica das diferentes unidades carbonatadas estratificadas do Jurássico Inferior.



FIGURA 7. Formas de erosão muito particulares junto a Tamellat du Dadès, favorecidas pelo diaclasamento em rochas siliciclásticas de origem continental do Eocénico-Oligocénico. Devido à grande similitude, estas morfologias são conhecidas como *doigts de singe*.

O caminho inverso ao longo do Alto Atlas, agora de sul para norte, a partir de Ouarzazate, em nada tem a ver – geologicamente falando – com a transversal Midelt - Errachidia. O que é fantástico pela novidade! Muito mais heterogéneo quanto à natureza litológica e idade, também bastante mais acidentado, que reflete a grande geodiversidade existen-

te. Isso permite uma abordagem mais descomprometida quanto à temática geológica, em função do que se pode observar. Iniciamos a viagem na fotogénica e cinematográfica Aït Benhaddou, o pequeno povoado dos Kasbahs, que tem servido de cenário a muitos clássicos do cinema, entre os quais o *Lawrence da Arábia* – e, como o mundo é mesmo pequeno, um filme que teve a direção musical de Maurice Jarre, o progenitor de Jean-Michel Jarre. Enquadrada na perfeição pela envolvência geológica (FIGURA 8), que mostra uma sucessão de sedimentos finos, lutíticos, de cor esverdeada a acastanhada, com finas, mas abundantes intercalações de gesso.



FIGURA 8. Vista panorâmica da cidade de Aït Benhaddou, envolvida numa paisagem sedimentar do Cenozoico. Entre outras, com rochas evaporíticas do Miocénico.

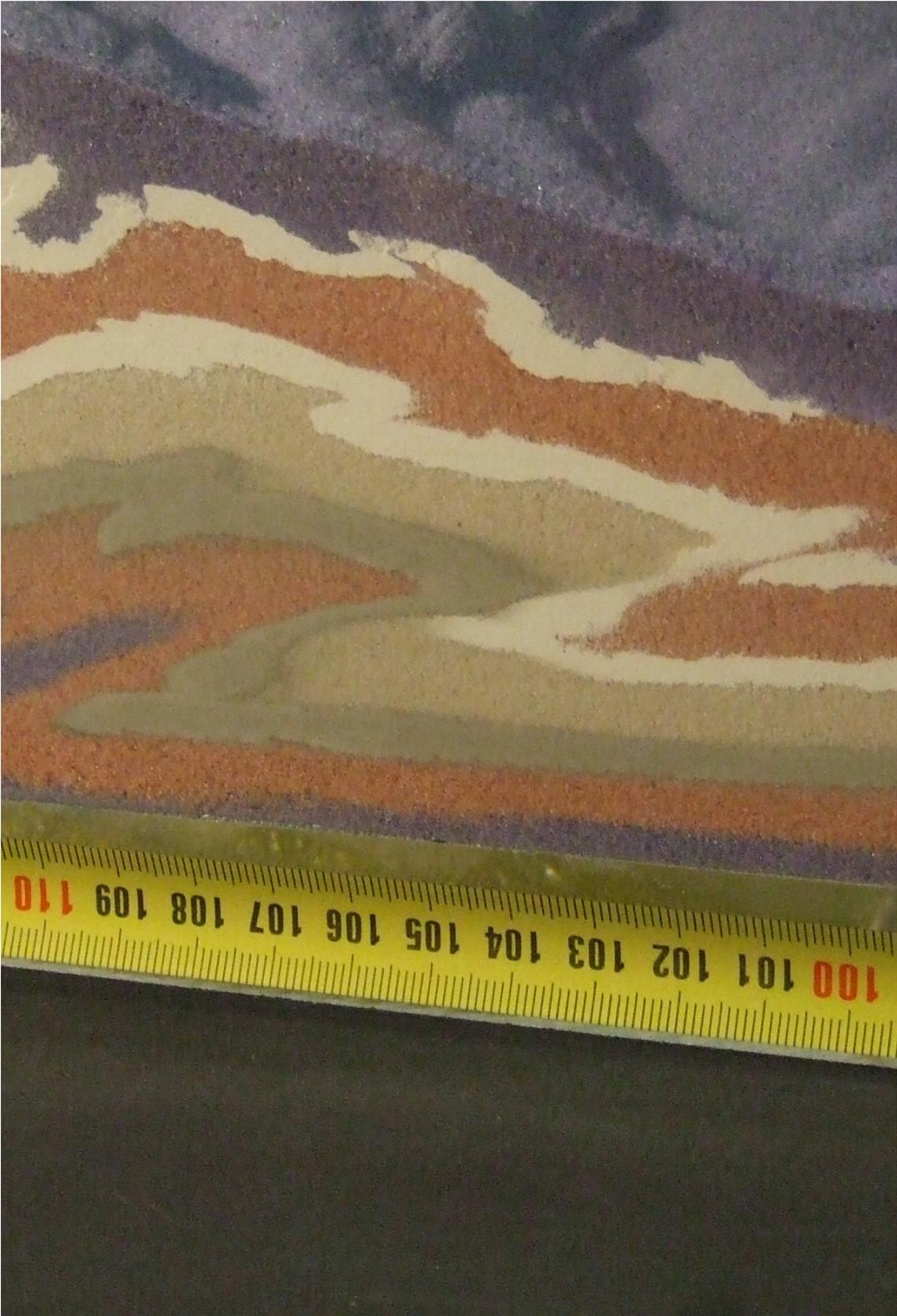
Uma característica mineralógica que domina estas unidades datadas do Miocénico em grande parte de Marrocos. Assim como em toda a região peri-mediterrânica. Estes evaporitos, associados a (paleo)ambientes quentes e áridos, são o resultado da intensa variação climática, ocorrida nesta porção do globo por volta dos 5-7 milhões de anos, ou seja, durante o Messiniano. A bem dizer, esta é uma designação histórica que provém da cidade siciliana de Messina, e que mostra este tipo de sedimentos evaporíticos. Ora, esta fase climática terá dessecado grande parte do Mediterrâneo: a conhecida crise de salinidade messiniana. As imagens do deserto salgado tunisino, em mais um exercício do Atualismo, podem ajudar muito à perceção do que foi grande parte do Mediterrâneo durante esta crise paleoambiental. Porém, em matéria de alterações climáticas, mais globais, o melhor vem mesmo a seguir.

Modelação Análoga

in casadasciencias.org/banco-imagens

Podemos correr montes e vales com os alunos, cativando-os para a geodiversidade local, sem que eles alguma vez nos questionem sobre as estruturas geológicas que se escondem debaixo dos seus pés. Complementando aquilo que se aprende no campo, a modelação análoga é uma metodologia com um valor didático excepcional, pois, em sala de aula, é possível modelar os processos geológicos que originaram os afloramentos observados no campo. Também é possível ter uma visão tridimensional das estruturas que se estão a formar em profundidade e da sua relação com as estruturas que se vão formando à superfície, levando sempre em conta a variável tempo e a sua irreversibilidade. Para os alunos, esta fotografia conta uma história que eles bem conhecem, pois foram eles que depositaram, cuidadosamente, aquela sequência de areias coloridas (inicialmente na horizontal), aplicaram as forças para gerar as figuras de deformação, viram as geometrias a mudarem à medida que os materiais foram acomodando (ou não) a deformação e decidiram quando começar este ensaio ou quando parar para tirar esta fotografia.

Geologia é a Ciência que estuda os processos naturais no nosso planeta os quais podem ser muito lentos, na ordem dos milhões de anos (formação de uma cadeia de montanhas), a quase instantâneos (num sismo) e estendem-se, por centenas ou milhares de quilómetros. Estes processos são imprevisíveis, difíceis de presenciar – no geral ocorrem a grandes profundidades – e assim, pelas suas velocidades e extensão é necessário simulá-los para melhor os estudar e entender. A simulação dos processos geológicos, utilizando materiais que têm um comportamento semelhante ao dos naturais ao longo do tempo (materiais análogos), é um método usado desde o séc. XIX – Modelação Análoga. Depois da observação das estruturas no campo, selecionam-se as variáveis da simulação do processo geológico desejado. Assim no ensino e na investigação científica, constroem-se modelos com materiais que podem ser simples e acessíveis como esferovite, madeira, areias coloridas, plasticinas e pós de pedra ou alimentares e de fácil execução. A imagem representa um modelo análogo, com areias coloridas. Costa Vicentina - ZSP.



JÁ DISPONÍVEIS

na nova loja

Edições Casa das Ciências

Ciência para todos



+ os números antigos da Revista de Ciência Elementar

<https://casadasciencias.nloja.com/>