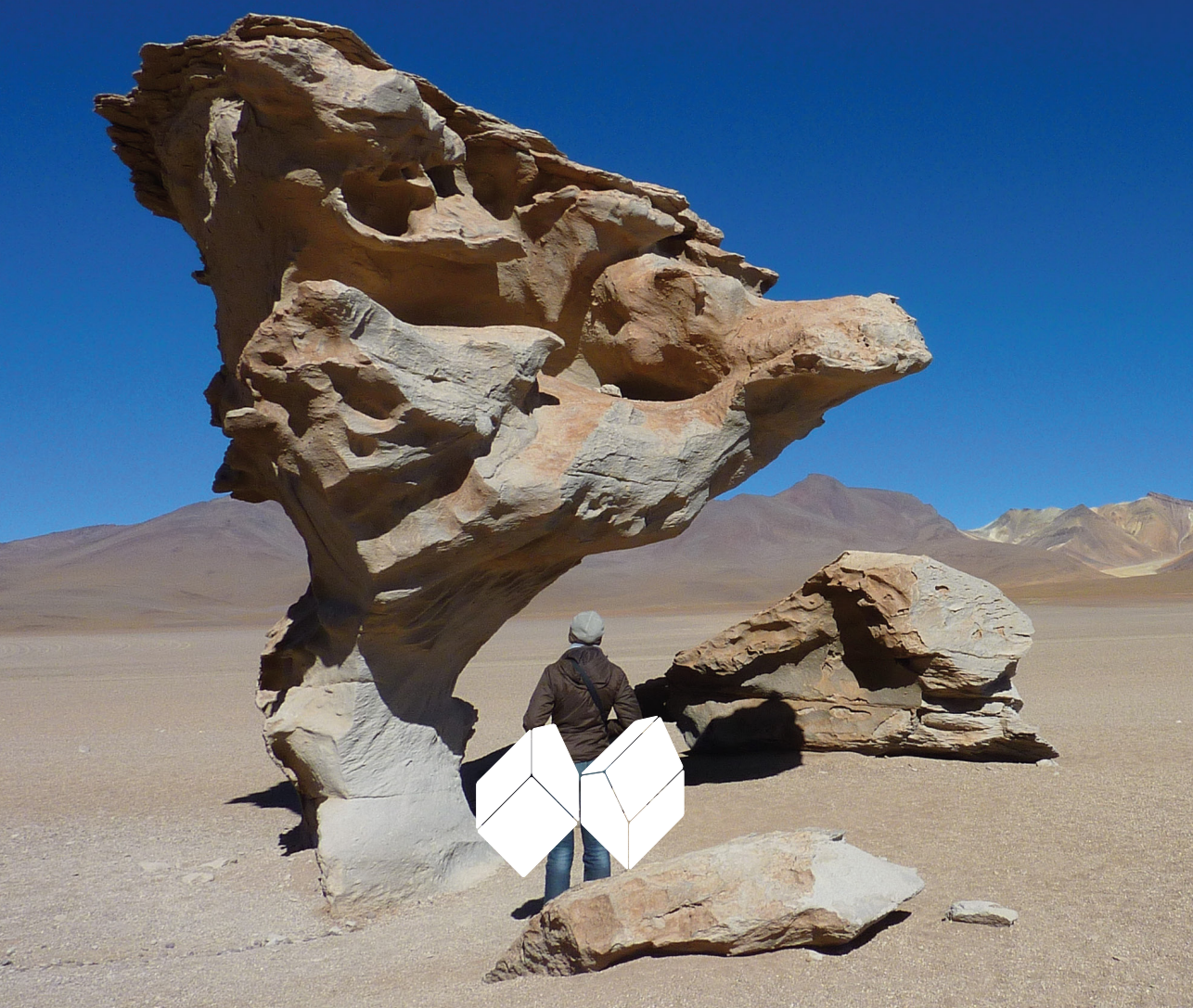


MARÇO 2018

# V6/01

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR. CASA DAS CIÊNCIAS



# REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



## FICHA TÉCNICA

Publicação trimestral  
da Casa das Ciências

ISSN 2183-9697 (versão impressa)

ISSN 2183-1270 (versão online)  
[rce.casadasciencias.org](http://rce.casadasciencias.org)

DEPÓSITO LEGAL  
425200/17

DESIGN  
Rui Mendonça

PAGINAÇÃO  
Pedro Freitas

IMPRESSÃO E ACABAMENTO  
Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM  
3000 exemplares

IMAGEM NA CAPA  
Nuno Pimentel  
[imagem.casadasciencias.org](http://imagem.casadasciencias.org)

© 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](mailto:rce@casadasciencias.org)

## CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

### EDITOR

José Ferreira Gomes (UNIVERSIDADE DO PORTO)

### EDITOR CONVIDADO

Luís Vítor Duarte (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

### CONSELHO EDITORIAL

José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

João Lopes dos Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Maria João Ramos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Paulo Fonseca (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

### PRODUÇÃO E SECRETARIADO

Pedro Freitas

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](http://rce.casadasciencias.org)

### EM PARCERIA COM



Pensar. Atuar. Renovar Think Tank da Educação  
FUNDAÇÃO BELMIRO  
DE AZEVEDO

MARÇO 2018

# V6/01

## ÍNDICE

- |    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 02 | AGENDA   |    | NOTÍCIAS EDUCATIVAS  |
| 03 | NOTÍCIAS   |    | 28 Perguntem aos líquenes<br>Silvana Munzi,<br>Catarina Gouveia                          |
|    | EDITORIAL  |    |  |
| 05 | Da última Cimeira do Clima<br>à história evolutiva da Terra<br>Luís Vítor Duarte | 32 | Magnetismo no dia-a-dia<br>Maria Margarida Cruz  |
|    | ARTIGOS  |    | PROJETO DE SUCESSO   |
| 07 | Lagoas alpinas<br>Fábio Martins, Nuno Formigo,<br>Sara C. Antunes                | 35 | Simplesmatic@<br>José Alves Barroco  |
|    |  |    | AOS OLHOS DA CIÊNCIA   |
| 10 | Sobre o volume de troncos<br>Suzana Nápoles                                      | 39 | Angiospérmicas<br>do Cretácico da Bacia<br>Lusitaniana (Portugal)<br>Mário Miguel Mendes |
| 15 | Espécies Invasoras<br>Ana Isabel Santos,<br>Luís Calafate                        | 44 | Paisagens da Islândia:<br>Formas e Processos (II)<br>Fernando Carlos Lopes               |
| 19 | Espectroscopia Rotacional<br>Paulo Ribeiro Claro                                 |    | IMAGEM EM DESTAQUE   |
| 23 | Monkey Business:<br>Um Algoritmo Genético<br>Fernando M. S. Silva Fernandes      | 48 | Beija-flores<br>Sandra Macieira,<br>J.J. Marques   |
| 26 | Força<br>Eduardo Lage  |    |  |

**12/05**  
a **13/05**<sup>(2018)</sup>

6ª Concentração de Telescópios em Moimenta da Beira

O Clube das Ciências da Escola Básica e Secundária de Moimenta da Beira, após os grandes sucessos alcançados pelas anteriores edições, vai repetir este evento de projeção nacional em 2018.

MOIMENTA DA BEIRA

[HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/CLUBEDASCIENCIASMB/](https://sites.google.com/site/clubedascienciasmb/)

**9/07**  
a **11/07**<sup>(2018)</sup>

V Encontro Internacional da Casa das Ciências

O V Encontro da Casa das Ciências vai realizar-se na cidade de Guimarães, entre os dias 9 e 11 de julho de 2018, organizado com o apoio do Centro de Formação Martins Sarmento e da Câmara Municipal de Guimarães, entre outras entidades.

Terá como temática "Ciência, Comunicação, Imagem e Tecnologia" e aguarda acreditação para os grupos 110, 230, 500, 510, 520 e 550.

CENTRO CULTURAL VILA FLOR, GUIMARÃES

[HTTP://WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/5ENCONTROINTERNACIONAL/](http://www.casadasciencias.org/5encontrointernacional/)



**06/09**  
a **07/09**<sup>(2018)</sup>

I Encontro da Casa das Ciências — Açores

Vai realizar-se, na cidade de Ponta Delgada, o I Encontro da Casa das Ciências — Açores, com o apoio do Governo Regional e da Universidade dos Açores. As inscrições estão já abertas. Reserve o seu lugar!

PONTA DELGADA

[HTTP://WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/2018ENCONTROAZORES/](http://www.casadasciencias.org/2018encontroazores/)



---

## Evidências de atividade vulcânica na passagem K/Pg



Visão geral da sucessão carbonatada que regista a passagem Cretácico-Paleogénico na região de Zumaia (Norte de Espanha). (foto de Luís V. Duarte)

A passagem Cretácico-Paleogénico (K/Pg,  $\approx$  65 milhões de anos) é marcada por uma das principais extinções em massa ocorridas em toda a história da Terra, estando normalmente associada à combinação dos efeitos do impacto de meteorito de Chicxulub (Província do Yucatão, México) e da atividade vulcânica então ocorrida e hoje materializada na designada província magmática de Decão (Índia). Em recente investigação publicada na revista *Earth and Planetary Science Letters*, baseada em análises mineralógicas, geoquímicas e magnéticas de sedimentos localizados em Zumaia (Espanha), Font *et al.* (DOI: 10.1016/j.epsl.2017.11.055) demonstram que o referido intervalo mostra uma ocorrência anómala de akaganeite, óxi-hidróxido de ferro com elevada concentração de cloro, um mineral muito raro na Terra, compatível com um ambiente vulcânico. Pelo facto deste registo estar ainda associado a anomalias na

concentração de mercúrio nos sedimentos, os autores sugerem uma relação estreita entre estas evidências e a atividade vulcânica de Decão.

---

## Os mais antigos registos geológicos de vida na Terra



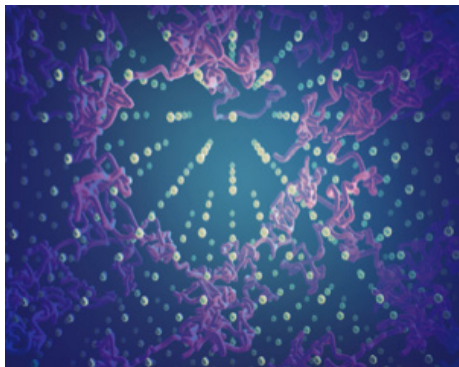
Cúpulas estromatolíticas, em forma de domo, do Jurássico Inferior (Sinemuriano) da região de S. Pedro de Moel (Portugal). (foto de Luís V. Duarte)

A origem da vida na Terra é um dos temas que mais curiosidade tem suscitado no meio científico. As primeiras evidências dessa natureza, que refletem o estado embrionário da evolução biológica, encontram-se fossilizadas em rochas sedimentares, a que se dá o nome de estromatólitos. Entendidos como construções biosedimentares, os estromatólitos resultam da atividade microbiana em ambiente aquático, originando

uma estrutura tradicionalmente laminada mas com morfologias diversas. Conhecidos desde o Arcaico [4 000 a 2 500 milhões de anos] até à atualidade, em recente estudo publicado na revista *Nature* (DOI: 10.1038/nature19355), Nutman *et al.* argumentam em favor dos pretensos estromatólitos mais antigos, reconhecidos na superfície da Terra. Um registo observado em rochas carbonatadas levemente metamorfizadas da Gronelândia, com cerca de 3 700 milhões de anos. Um valor muito próximo das datações admitidas para as rochas mais antigas do planeta, e que faz recuar em cerca de 200 milhões de anos as evidências mais antigas de vida na Terra, até então observáveis na Austrália Ocidental.

---

## Água superiônica



Rede sólida de átomos de oxigênio enquanto os iões hidrogénio se movem rapidamente, aqui numa simulação de dinâmica molecular. (<http://www.sci-news.com/physics/superionic-ice-05705.html>)

No interior de planetas como Urano e Neptuno, prevê-se que a água possa existir em condições extremas de alta pressão e alta temperatura. Em 1988 foi feita a previsão

de que nestas condições a água poderia existir num estado dito superiônico em que os iões hidrogénio se difundem rapidamente (como um líquido) no seio de uma rede tridimensional de oxigénios (como um sólido). Nestes 30 anos houve muitas tentativas de confirmação por métodos computacionais e o diagrama de fases da água foi explorado experimentalmente a muito altas pressões. Experiências agora feitas no Lawrence Livermore Laboratory (na Califórnia, EUA) usando choque de compressão por laser verificaram que o gelo funde a 5 000K à pressão de 190 GPa. Verificaram que, nestas condições extremas, ocorre condutibilidade superiônica.

Acredita-se que estes planetas gigantes terão um núcleo rochoso (silicatos e ferro e níquel) e um manto composto principalmente por carbono, oxigénio e nitrogénio, correspondendo a água misturada com amoníaco e metano num estado frequentemente designado por gelo embora seja muito quente e mais próximo do que conhecemos como um fluido.

As experiências agora realizadas demonstram as duas propriedades do gelo supersónico, uma condutividade proteica muito alta dentro do sólido e um alto ponto de fusão. Estes resultados vêm confirmar as previsões feitas com simulação por dinâmica molecular com cálculo das interações estimadas por teoria do funcional densidade, um método de cálculo quântico usado para sistemas de grandes dimensões. Os investigadores celebram dois anos de trabalho experimental seguidos de outros dois anos para analisarem os resultados. (DOI: 10.1038/s41567-017-0017-4)

---

# Da última Cimeira do Clima à história evolutiva da Terra

Depois de anos de alguma incerteza e muita controvérsia quanto às possíveis causas da evolução climática que arrasa o nosso tempo, sucedem-se cimeiras atrás de cimeiras, quase à velocidade de crescimento dos gases de efeito de estufa na atmosfera, para discutir o que se convencionou chamar de “alterações climáticas”! Onde, a par de cientistas, ambientalistas, sociólogos e homens da finança, emergem as figuras políticas de muitos dos países que traçam o mapa mundo atual. Tentam firmar acordos e produzir medidas que contrariem o excesso e desmesurado crescimento de CO<sub>2</sub> antrópico na atmosfera, bem patente nas curvas de variação deste gás, monitorizadas em vários laboratórios disseminados pelo planeta, desde Mauna Loa e de Samoa, à Antártida e ao Alasca.

A última Cimeira do Clima de Paris, realizada em dezembro de 2017, foi mais um exemplo dessa tarefa complexa. Tal como foram os *meetings* realizados na década de 80, com vista à problemática da depleção da camada do ozono e que teve como ex-líbris o Protocolo de Montreal. Ou, voltando um decénio atrás, relembrar as discussões em torno das causas que levaram à crise piscícola da costa peruana em 1972/1973, associada a um dos anos mais fortes do *El Niño* e que afetou por efeito dominó toda a Terra.

Parece que o Homem anda mesmo a fazer das suas (...). Aquele que tem a capacidade de entender como o planeta funciona. E que teve a habilidade de retratar, através da pintura, as frequentes imagens geladas que assolavam o rio Tamisa nos vários invernos do século XVII durante a chamada *Pequena Idade do Gelo*, sendo que esta crise climática terá acontecido antes da Revolução Industrial. Aliás, o rastilho de todo o processo evolutivo que fez aumentar a concentração de CO<sub>2</sub> de 280 ppm para os mais de 400 ppm com que convivemos na atualidade. Um aumento que é, nos dias de hoje, francamente superior ao admitido (cerca de 80 ppm) pelos diversos *proxies* que nos ajudam a entender a variação climática, ocorrida entre a última das glaciações do Plistocénico (Würm) e o início do nosso Holocénico. O Homem já andava por cá, mas ainda não tinha a capacidade e os meios para alterar a natureza.

A mesma natureza que foi sendo registada nas rochas ao longo de centenas e centenas de milhões de anos. E que permitiu ao Homem especialista na matéria, o geólogo, avaliar que, na sua longa história, o planeta tenha sofrido mudanças (paleo)ambientais radicais, a perder de conta. As mais significativas, com impactos graves na biosfera, são as conhecidas extinções em massa. Aquelas que levaram, por exemplo, à extinção dos dinossauros, no final do Mesozoico ou o maior período de atividade vulcânica reconhecido em todo o Fanerozoico, na transição Paleozoico-Mesozoico, de que terá resultado a maior das extinções.

Não tendo quaisquer evidências sobre estes e muitos outros eventos igualmente marcantes da história da Terra, Portugal é hoje dos locais do mundo que melhor regista, geologicamente falando, um episódio ocorrido há cerca de 182 milhões de anos, em pleno Jurássico! O conhecido *evento anóxico oceânico do Toarciano*, um intervalo que, como o próprio nome sugere, de anoxia generalizada dos ambientes marinhos, e que está na base do recente projeto financiado pela UNESCO e pela *International Union on Geological Sciences*, IGCP 655 – “Toarcian Oceanic Anoxic Event: Impact on marine carbon cycle and ecosystems” (<http://igcp655-toae.com/>). Conforme atestam os resultados da investigação científica que tem sido realizada ao longo dos últimos anos no território lusitano, particularmente nas arribas de Peniche, estamos perante um episódio de grande perturbação do ciclo do CO<sub>2</sub> que, entre outras inferências e argumentos, terá sido responsável pelo sobreaquecimento da água do mar e que deixou sequelas no registo biológico, originando uma pequena extinção em massa. Interações que são observadas e aferidas nos estratos sedimentares de Peniche, permitindo entender como funcionam e interagem os diversos sistemas terrestres. Um laboratório natural de excelência e de aprendizagem, longe da intervenção humana. E com muitos milhões de anos!

Luís Vítor Duarte

Editor convidado



---

# Lagoas alpinas

Fábio Martins

Nuno Formigo

Sara C. Antunes

CIIMAR/ Universidade do Porto

**Lagoas alpinas são pequenos corpos de água naturais, de profundidade reduzida, que se formam em depressões no solo (normalmente de origem glacial) que ocorrem ao longo da paisagem, especificamente em montanhas e em elevada altitude, o que permite a retenção temporária ou permanente de água.**

Na superfície terrestre ocorrem vários processos geológicos que criam variações no relevo de um terreno. Estas alterações podem dar origem a pequenas depressões com características que permitam a retenção de água (ex: sedimento pouco poroso, contacto direto com massas de água subterrâneas ou clima favorável a uma maior entrada de água do que saída). A água retida nestas depressões pode ser proveniente da precipitação, da escorrência superficial, de outros cursos de água, do derretimento de neve e gelo ou ainda de massas de água subterrâneas. Esta acumulação de água nas depressões do terreno leva à formação do que se denominam de lagoas naturais. Como apresentam uma profundidade baixa, nas lagoas naturais a luz atravessa toda a massa de água e a temperatura da água é homogénea em toda a lagoa.

Quando estas lagoas naturais ocorrem em condições alpinas denominam-se de lagoas alpinas (FIGURA 1), sendo que estas têm frequentemente origem glacial, formando-se geralmente nas depressões resultantes da erosão durante os períodos de glaciação. Alpino define-se pela zona a partir da qual não se observam árvores – *tree line*, e onde a vegetação arbustiva e herbácea predomina na paisagem. Além desta separação pelo tipo de vegetação que se observa no ecossistema alpino, as condições abióticas são extremas e difíceis de suportar para a maioria dos organismos, destacando-se as flutuações térmicas diárias, as intensas radiações UV, os ventos fortes, a precipitação abundante e a baixa concentração de nutrientes nos sistemas aquáticos. Estas são as principais características que estes ecossistemas apresentam e que os diferenciam das lagoas de baixa altitude. Para além disso, as lagoas alpinas normalmente são de difícil acesso, o que resulta em que estas lagoas apresentem condições prístinas.



FIGURA 1. Fotografias de algumas lagoas alpinas na Serra da Estrela (Portugal) localizadas a aproximadamente 1800 m de altitude.

Devido às condições específicas a que estes ecossistemas aquáticos estão sujeitos, a biodiversidade que ocorre nas lagoas alpinas é única. Assim, a colonização e a sobrevivência das espécies nestes ecossistemas requerem uma elevada capacidade de adaptação. São relativamente poucas as espécies que ocorrem neste tipo de lagoas, muitas vezes ricas em endemismos, categorizando estes locais como *hotspots* de biodiversidade. As espécies que se observam nestas lagoas apresentam características morfológicas e anatómicas únicas que lhes permitem resistir às condições adversas, nomeadamente a temperaturas tipicamente baixas, à falta de nutrientes e a possíveis fenómenos de seca temporária das lagoas, na estação mais quente. Para além destas adaptações, alguns organismos ainda apresentam adaptações nas suas estratégias de vida, como fases de dormência ou o desenvolvimento de estruturas de resistência, que lhes permitem sobreviver aos longos períodos de condições extremas, desde o período de cobertura por gelo até ao período de seca das lagoas. Findo esse período, e com o regresso de condições mais amenas e favoráveis, os organismos retomam rapidamente o ciclo de vida, que terá de ocorrer durante o reduzido período em que as condições ambientais são propícias para a sua reprodução.

Apesar de estes ecossistemas estarem quase sempre longe de ações antrópicas diretas, têm sido observadas ameaças à sua integridade e estado ecológico. As alterações climá-

ticas e o aquecimento global poderão levar a alterações nas dinâmicas sazonais que se verificam nestes sistemas e a poluição atmosférica poderá impactar estas lagoas, devido à deposição atmosférica direta de poluentes ou por meio da precipitação. As modificações descritas traduzir-se-ão numa perda de espécies raras e em alterações irreversíveis no funcionamento destes ecossistemas, com consequências nefastas como a colonização por outras espécies e consequente declínio das espécies autóctones.

O interesse científico nestes ecossistemas tem, recentemente, crescido à medida que aumenta a perceção da comunidade científica quanto à importância de lagoas naturais e lagoas alpinas funcionarem como laboratórios naturais e como possíveis ecossistemas de referência. Estes ecossistemas apresentam também grande importância em processos hidrogeológicos como a infiltração e recarga de aquíferos.

Por tudo isto, estes ecossistemas apresentam extrema importância do ponto de vista da conservação da natureza. As características que neles ocorrem condicionam a comunidade biótica, que acaba por ser constituída por espécies extremamente bem-adaptadas, por vezes raras ou endémicas, com elevado valor de conservação. Em Portugal, existe ecossistema alpino a partir dos 1700 metros de altitude, aparecendo lagoas consideradas alpinas apenas na zona do Parque Natural da Serra da Estrela (FIGURA 1).

---

# Sobre o volume de troncos

Suzana Nápoles  
Universidade de Lisboa

Geometricamente, um tronco de um sólido é a porção do sólido compreendida entre dois planos paralelos que o seccionam, por exemplo um tronco de pirâmide ou de cone. Se a utilização de troncos de pirâmide na construção remonta ao terceiro milénio antes de Cristo, os troncos de cone são parte integrante de projetos arquitetónicos no segundo milénio depois de Cristo.

Datam de cerca de 3 100 a.C. as **mastabas**, edifícios funerários egípcios em forma de troncos de pirâmide com base retangular.



FIGURA 1. Pirâmide de Djoser em Saqqara, Egito.

Entre 2 700 e 2 600 a.C. as mastabas deram origem a pirâmides em degraus, a primeira das quais foi a pirâmide de Djoser em Saqqara (FIGURA 1). As pirâmides de faces lisas surgem entre 2 573 e 2 454 a.C..



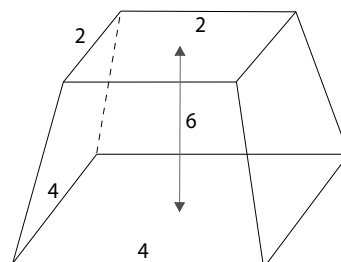
FIGURA 2. Pirâmide do Sol em Teotihuacan, México.

A pirâmide do Sol em Teotihuacan, cuja construção foi concluída cerca de 200 d.C., é composta por troncos de pirâmides quadrangulares (FIGURA 2).

No Papiro de Moscovo, cuja origem remonta a 1 850 a.C., é tratado o volume de um tronco de pirâmide. Este papiro contém 25 problemas com soluções, 7 dos quais são problemas geométricos. Entre eles, o Problema 14 diz respeito à determinação do volume de um tronco obtido truncando uma pirâmide quadrangular de tal forma que o topo é um quadrado cujo lado mede duas unidades de comprimento, a base é um quadrado cujo lado mede quatro unidades de comprimento e a distância entre as bases é igual a 6 unidades de comprimento.

### Problema 14

“Se te disserem: Uma pirâmide truncada tendo 6 como altura vertical 4 na base e 2 no topo: Deves calcular o quadrado de 4; resulta 16. Deves duplicar 4; resulta 8. Deves calcular o quadrado de 2; resulta 4. Deves somar 16, 8 e 4; resulta 28. Deves tomar  $\frac{1}{3}$  de 6; resulta 2. Deves tomar 28 duas vezes; resulta 56.”



Esta solução parece evidenciar que os egípcios conheciam a fórmula para determinar o volume do tronco de uma pirâmide quadrangular,  $V = \frac{1}{3} h(a^2 + ab + b^2)$ , mas esta fórmula não está neste papiro.

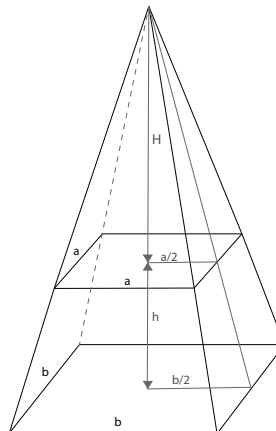
Para a deduzir, basta recorrer à diferença dos volumes de duas pirâmides, como se indica na figura.

Com efeito, tendo em conta que

$$\frac{H}{a/2} = \frac{H+h}{b/2} \Leftrightarrow H = \frac{a}{b-a} h,$$

o volume  $V$  do tronco da pirâmide é dado por

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3} b^2 (H+h) - \frac{1}{3} a^2 H \\ &= \frac{1}{3} h \frac{b^3}{b-a} - \frac{1}{3} h \frac{a^3}{b-a} = \frac{1}{3} h (a^2 + ab + b^2) \end{aligned}$$



O fuste das colunas gregas, isto é, a porção de coluna compreendida entre a base e o capitel, pode ser composto por um só bloco (monolítico) ou composto pela sobreposição de diversos blocos designados em arquitetura por tambores.



FIGURA 3. Ruínas de Paestum, Grécia.

Nas ruínas de Paestum (FIGURA 3), uma cidade grega situada na costa do Mar Tirreno e fundada no século VII a.C., destacam-se templos gregos cujas colunas são constituídas por tambores.

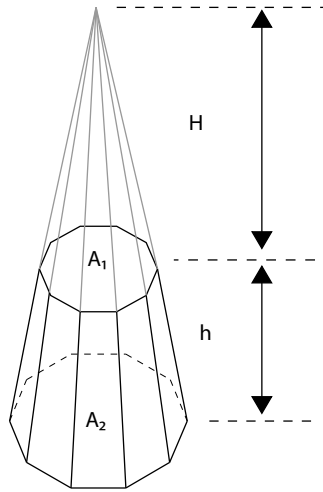
Estes tambores têm caneluras com arestas vivas pelo que, geometricamente, os podemos interpretar como troncos de pirâmide.

Genericamente, o volume de um tronco de qualquer pirâmide, tendo topo e base com áreas  $A_1$  e  $A_2$  e altura  $h$ , é dado por

$$V = \frac{1}{3}h (A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2).$$

Com efeito, uma vez que as pirâmides de altura  $H$  e  $H+h$  são semelhantes, tem-se que

$$\frac{A_1}{A_2} = \left( \frac{H}{H+h} \right)^2.$$



$$\text{Então, } H = \frac{h\sqrt{A_1}}{\sqrt{A_2} - \sqrt{A_1}}, H+h = \frac{h\sqrt{A_2}}{\sqrt{A_2} - \sqrt{A_1}} \text{ e}$$

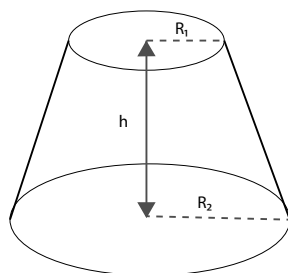
$$V = \frac{1}{3}(A_2 (H+h) - A_1 H) = \frac{1}{3}h \frac{\sqrt{A_2} A_2 - \sqrt{A_1} A_1}{\sqrt{A_2} - \sqrt{A_1}} = \frac{1}{3} h (A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2).$$

Esta fórmula adapta-se facilmente ao cálculo do volume do tronco de um cone circular reto de altura  $h$ , conhecidos os raios das duas bases.

Basta ter em conta que, neste caso,

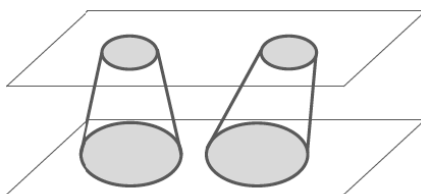
$$A_1 = \pi R_1^2 \text{ e } A_2 = \pi R_2^2 \text{ pelo que}$$

$$V = \frac{1}{3}h (\pi R_1^2 + \sqrt{\pi R_1^2 \pi R_2^2} + \pi R_2^2) = \frac{1}{3} \pi h (R_1^2 + R_1 R_2 + R_2^2).$$



Pelo Princípio de Cavalieri, estas fórmulas mantêm-se verdadeiras para troncos de pirâmides não retas ou de cones não retos.

*Se dois sólidos estão contidos entre um par de planos paralelos e qualquer plano paralelo àqueles, que intersesta os sólidos, o faz em secções de corte com a mesma área então os dois sólidos têm o mesmo volume.*



Das mastabas egípcias e dos tambores das colunas gregas até aos nossos dias, os troncos de pirâmides e cones continuam a marcar presença, tanto no design de peças de uso comum, como na arquitetura de edifícios.

Estas superfícies são regradas, isto é, por cada um dos seus pontos passa pelo menos uma reta nela contida.

A sua construção, ao proporcionar vantagens técnicas consideráveis, permite a realização de formas arquitetónicas arrojadas.



---

# Espécies Invasoras

Ana Isabel Santos, Luís Calafate  
Universidade do Porto

Devido à globalização, o Homem tem introduzido (intencionalmente ou não) espécies em locais onde estas não ocorrem naturalmente. Estas espécies são chamadas exóticas. A maioria das espécies exóticas vive em harmonia com as espécies nativas. Contudo, algumas podem representar uma ameaça à biodiversidade nativa e levar a uma grande variedade de impactos económicos, sociais e ambientais. Estas espécies denominam-se invasoras (FIGURA 1 A, B e C).



FIGURA 1. Espécies exóticas invasoras presentes em Portugal: A- acácia-de-espigas (*Acacia longifolia*), B- jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes*) e C- lagostim-vermelho-do-Louisiana (*Procambarus clarkii*)

As espécies exóticas invasoras incluem vírus, fungos, algas, musgos, fetos, plantas superiores, invertebrados, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, mas o processo de invasão biológica é comum a todos os grupos taxonómicos. Este processo pode ser dividido em três fases: introdução, naturalização e invasão (FIGURA 2).

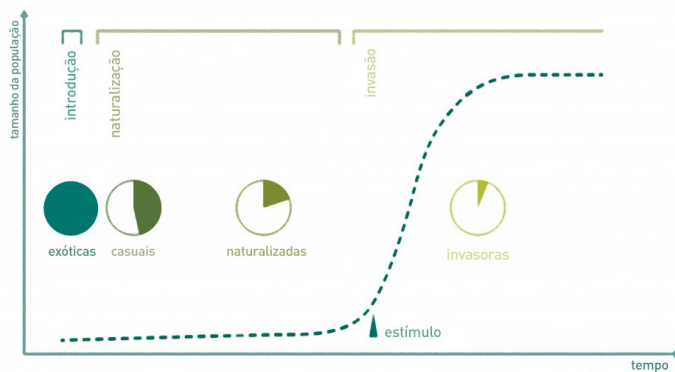


FIGURA 2. Etapas do processo de invasão biológica (fonte: <http://invasoras.pt/o-que-sao/>)

**Introdução** significa que a espécie ultrapassou, com ajuda humana, uma barreira geográfica. Enquanto que as plantas e os vertebrados têm sido intencionalmente introduzidos, a introdução de invertebrados e microrganismos normalmente é acidental. A maioria das espécies exóticas introduzidas sobrevive como casual. Estas espécies podem reproduzir-se, mas são incapazes de manter populações estáveis, dependendo por isso de repetidas introduções para a sua persistência.

A **naturalização** ocorre quando as barreiras ambientais não impedem os indivíduos de sobreviver e quando as várias barreiras à reprodução regular são ultrapassadas. As espécies exóticas naturalizadas permanecem em equilíbrio no novo ecossistema durante um período de tempo variável. No entanto, numa pequena fração destas espécies este equilíbrio pode ser interrompido por um fenómeno (*estímulo*, na FIGURA 2) que conduz ao rápido aumento da distribuição da espécie, iniciando-se o processo de **invasão** propriamente dito. Assim, uma espécie exótica passa a ser considerada invasora quando produz populações reprodutoras numerosas e separadas (espacial e temporalmente) da inicial, independentemente do grau de perturbação do meio e sem intervenção direta do ser humano.

As invasões biológicas são um problema crescente em todo o mundo. As espécies exóticas invasoras ameaçam espécies nativas, *habitats* e ecossistemas, estando diretamente relacionadas com o declínio da biodiversidade (e, até mesmo, com a extinção de diversas espécies nativas) e alterações dos serviços ecossistémicos. De facto, as espécies exóticas invasoras não só têm afetado a disponibilidade de água, alimento, fibras e combustível, mas também a polinização, a regulação do clima, a purificação da água, a estabilização do solo, a regulação de pestes, a mitigação de doenças, bem como a recreação, o turismo, a beleza estética, a inspiração, a espiritualidade e a religião. Além disso, as invasões biológicas têm prejudicado diversas atividades humanas, tais como a pesca, a aquacultura, a silvicultura e a criação de gado. Visto que estas alterações implicam perda ou modificação de importantes bens e serviços, a saúde e o bem-estar humano ficam em risco.

Por todos os seus impactes, as espécies exóticas invasoras são muito dispendiosas, custando à sociedade europeia mais de 12 mil milhões de euros por ano. A boa notícia é que o ser humano tem a capacidade de atenuar o problema das invasões biológicas, sendo a prevenção a maneira mais eficaz, económica e ambientalmente mais favorável de lidar com este problema. A prevenção visa impedir a introdução de novas espécies exóticas invasoras e limitar o uso de espécies já introduzidas, podendo incluir análises de risco, legislação, fiscalização e atividades de educação ambiental. A educação do público é um factor crucial no combate às espécies exóticas invasoras, pois as pessoas não estando informadas nem sensibilizadas podem contribuir involuntariamente para o agravamento da situação, quer introduzindo novas espécies, quer usando espécies exóticas invasoras já presentes no país.

### Situação em Portugal

Em 1999, a legislação portuguesa criou o Decreto-Lei n.º 565/99, de 21 de dezembro com o intuito de regular a introdução de espécies não nativas em Portugal, listar as espécies exóticas e invasoras já introduzidas no país, proibir a introdução de novas espécies, bem como proibir a detenção, criação, cultivo e comercialização destas espécies. De acordo com o Decreto-Lei supramencionado, existem 364 espécies exóticas em Portugal (48 espécies de animais e 316 de plantas), sendo que destas apenas 33 revelam comportamento invasor. Todavia, estudos mais recentes apontam para a presença de um número superior de espécies exóticas e invasoras no território português, confirmando a necessidade de se atualizar o Decreto-Lei em vigor.

Seguidamente, são enumeradas algumas espécies exóticas invasoras de animais e plantas existentes em Portugal Continental.

Alguns dos animais exóticos invasores mais conhecidos incluem o nemátodo-da-madeira-do-pinheiro (*Bursaphelenchus xylophilus*), a amêijoia-asiática (*Corbicula fluminea*), o caranguejo-peludo-chinês (*Eriocheir sinensis*), o lagostim-vermelho-do-Louisiana (*Procambarus clarkii*), o escaravelho-da-palmeira (*Rhynchophorus ferrugineus*; FIGURA 3A), o escaravelho-da-batateira (*Leptinotarsa decemlineata*), a vespa-asiática (*Vespa velutina*; FIGURA 3B), a tartaruga-da-Flórida (*Trachemys scripta*; FIGURA 3C), o gambúsia (*Gambusia holbrooki*), a perca-sol (*Lepomis gibbosus*), a truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e o periquito-de-colar (*Psittacula krameri*; FIGURA 3D).

Estas espécies constituem uma das principais causas do declínio da biodiversidade, visto reduzirem comunidades de espécies nativas devido a predação (e.g. tartaruga-da-Flórida e lagostim-vermelho-do-Louisiana), competição (tartaruga-da-Flórida e lagostim-vermelho-do-Louisiana) e transmissão/causa de doenças (nemátodo-da-madeira-do-pinheiro e escaravelho-da-palmeira).

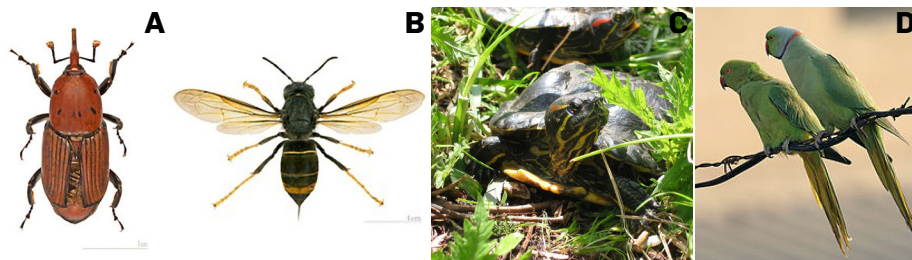


FIGURA 3. Espécies de animais exóticos invasores em Portugal: A- escaravelho-da-palmeira (*Rhynchophorus ferrugineus*), B- vespa-asiática (*Vespa velutina*), C- tartaruga-da-Flórida (*Trachemys scripta*) e D- periquito-de-colar (*Psittacula krameri*) (fonte: wikipedia)

Acresce que, alguns animais exóticos invasores acarretam também impactes na paisagem (e.g. escaravelho-da-palmeira e nemátodo-da-madeira-do-pinheiro), bem como alterações dos serviços ecossistémicos de regulação e provisionamento (vespa-asiática), suporte (lagostim-vermelho-do-Louisiana) e culturais (escaravelho-da-palmeira).

No que às plantas exóticas invasoras diz respeito, as espécies mais conhecidas em Portugal incluem a mimosa (*Acacia dealbata*), a acácia-de-espigas (*Acacia longifolia*), a austrália (*Acacia melanoxylon*), a espanta-lobos (*Ailanthus altissima*), o chorão-da-praia (*Carpobrotus edulis*), o jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes*), as azedas (*Oxalis pes-caprae*), a cana (*Arundo donax*), os penachos (*Cortaderia selloana*), a bons-dias (*Ipomoea indica*), a robínia (*Robinia pseudoacacia*) e o eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

As plantas exóticas invasoras, por competirem mais eficazmente pelos recursos disponíveis (água, luz e nutrientes) do que as espécies nativas, podem substituir total ou parcialmente as comunidades nativas do novo ecossistema. Algumas plantas exóticas invasoras também acarretam impactes nos serviços ecossistémicos de provisionamento (e.g. chorão-da-praia, espanta-lobos e jacinto-de-água), suporte (chorão-da-praia, jacinto-de-água e robínia), regulação (chorão-da-praia, jacinto-de-água, espanta-lobos e robínia) e culturais (chorão-da-praia, jacinto-de-água e espanta-lobos).

---

# Espectroscopia Rotacional

Paulo Ribeiro Claro  
CICECO/ Universidade de Aveiro

Designa-se por “espectroscopia rotacional” a técnica que mede a interação da radiação eletromagnética com os movimentos de rotação de um sistema molecular.

A observação de transições entre níveis quânticos rotacionais exige que o sistema em estudo tenha liberdade rotacional – tipicamente, moléculas, iões ou radicais em fase gasosa. Esta limitação não permite a aplicação generalizada da espectroscopia rotacional como técnica analítica, como no caso de outras técnicas espectroscópicas que admitem amostras em fase condensada (i.e., líquidos ou sólidos). No entanto, é uma técnica historicamente importante na determinação rigorosa de geometrias moleculares e tem ainda um contributo muito relevante em astroquímica: é através da espectroscopia rotacional que são identificadas diversas moléculas (e iões moleculares) no espaço, utilizando radiotelescópios de grande dimensão como o ALMA (Atacama Large Millimetre Array).

O modelo mais simples para descrever as rotações moleculares é o modelo do rotor rígido diatómico: dois átomos de massa  $m_1$  e  $m_2$ , separados por uma distância fixa  $R$  (FIGURA 1A).

Por resolução da equação de Schrödinger para este modelo, obtém-se a expressão da energia dos níveis rotacionais

$$E_J = \frac{h^2}{8\pi^2 I} J(J+1) \quad (1)$$

Nesta expressão,  $J$  é o número quântico rotacional ( $J \in \mathbb{N}_0$ , ou seja, pode tomar os valores 0, 1, 2, 3, 4, ...) e  $I$  é o momento de inércia do rotor.

O momento de inércia é dado por

$$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 \quad (2)$$

onde  $r_1$  e  $r_2$  são as distâncias ao centro de massa ( $r_1 + r_2 = R$ ). Esta expressão é equivalente a  $I = \mu R^2$ , sendo  $\mu$  a massa reduzida do rotor,  $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$

A equação (1) pode então escrever-se como

$$E_J = \frac{h^2}{8\pi^2 \mu R^2} J(J+1) \quad (3)$$

Esta forma salienta os dois fatores que afetam os níveis energia do rotor e são característicos de cada rotor: a massa e a distância entre massas. É possível agrupar estes fatores numa constante B, que é característica do sistema considerado. Daqui resulta uma forma simplificada da equação (3) - notar que B tem unidades de energia:

$$E_J = BJ(J+1) \quad (4)$$

A equação (4) permite calcular facilmente os valores de energia de cada nível em função de J, assim como a separação energética entre os diferentes níveis, representada na FIGURA 1B.

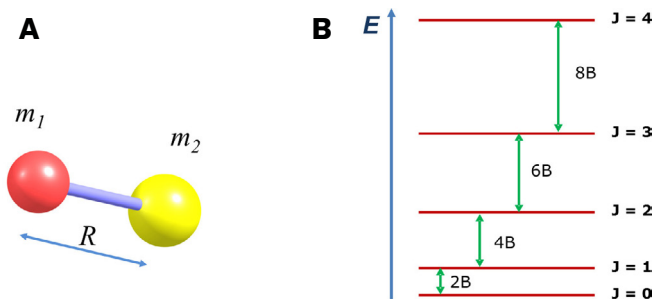


FIGURA 1. A- Rotor rígido diatômico, constituído por duas esferas de massa  $m_1$  e  $m_2$  separadas pela distância R. B- Esquema da distribuição dos níveis de energia rotacionais em função do número quântico J e valor da separação energética entre níveis consecutivos.

A regra de seleção para as transições rotacionais é  $\Delta J = \pm 1$ , ou seja, apenas são observáveis transições entre níveis consecutivos. Daqui resulta que as transições observadas correspondem a  $2B$ ,  $4B$ ,  $6B$ ,... e portanto aparecem no espectro rotacional de absorção a intervalos de valor constante, igual a  $2B$  (FIGURA 2). Experimentalmente, a partir do valor de B, sendo conhecidas as massas dos átomos, é possível determinar com grande rigor o valor do comprimento de ligação, R.

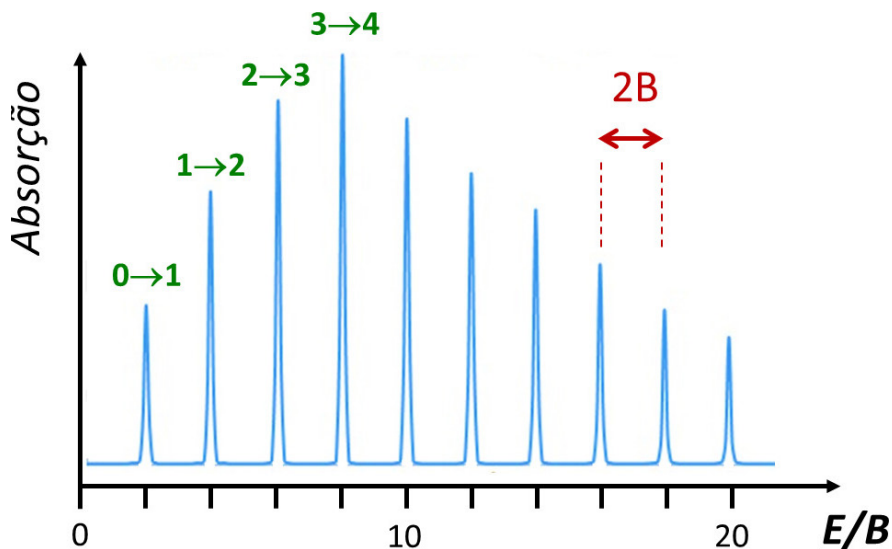


FIGURA 2. Espectro rotacional de um rotor rígido diatômico, evidenciando a separação constante ( $2B$ ) entre as bandas de absorção.

O perfil de intensidades observado na figura, com o máximo de absorção observado para a transição  $J=3$  para  $J=4$ , merece uma explicação adicional. A intensidade de absorção depende do número de moléculas da amostra (população) que se encontra no nível de partida – no caso da FIGURA 2, o nível  $J=3$ . Com exceção do nível  $J=0$ , todos os níveis rotacionais representados na FIGURA 1A são degenerados (há mais do que um nível com a mesma energia). O grau de degenerescência de cada nível  $J$  é dado por  $2J+1$ , o que significa que a linha inferior na FIGURA 1B representa um nível ( $J=0$ ), mas a linha de  $J=3$  representa sete níveis. Numa amostra gasosa, as moléculas distribuem-se pelos diversos níveis rotacionais disponíveis de acordo com a *distribuição de população de Boltzmann*, ou seja, a população é maior no nível inferior ( $J=0$ ) e decresce exponencialmente com o aumento de  $J$ . No entanto, como os níveis apresentam degenerescência total crescente, numa situação em que a separação energética entre níveis é muito pequena, é possível que a totalidade da população nos sete níveis de  $J=3$  seja superior à população do nível único  $J=0$ . A intensidade máxima de absorção corresponde ao valor de  $J$  para o qual o aumento do número de níveis degenerados ainda ultrapassa a diminuição de população nos níveis por aumento da energia.

Esta abordagem de “rotor rígido” permite interpretar os espectros rotacionais sem ter em consideração a constituição do sistema em termos de átomos e ligações químicas: na verdade, apenas interessam os momentos de inércia do sistema.

Na sua maioria, as moléculas não são lineares e possuem rotação em torno de três eixos. Estes eixos – em torno dos quais a molécula roda – são designados por eixos principais de inércia e para cada um é definido um momento de inércia,  $I$ , definido de forma análoga à da equação (2).

Os três momentos de inércia são designados por  $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$ , e os respetivos eixos  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , sendo que, por convenção, o eixo  $a$  corresponde ao eixo de menor momento de inércia ( $I_a$ ) e o eixo  $c$  corresponde ao eixo de maior momento de inércia ( $I_c$ ). Assim, a ordem é sempre

$$I_c \geq I_b \geq I_a$$

As moléculas poliatômicas são então classificadas de acordo com os seus momentos de inércia, ao qual está associado um modelo de interpretação do respetivo espectro rotacional:

Rotor linear – com um momento de inércia nulo:  $I_c = I_b$ ,  $I_a = 0$ .

Rotor esférico – três momentos de inércia iguais:  $I_c = I_b = I_a$ .

Rotor simétrico – dois momentos de inércia iguais:  $I_c = I_b \neq I_a$ .

Rotor assimétrico – três momentos de inércia distintos:  $I_c \neq I_b \neq I_a$ .

No caso do rotor simétrico, a forma da molécula pode ainda ser “ao alto” (no inglês, *prolate*) ou “ao baixo” (no inglês, *oblate*, sendo que neste caso  $I_c \neq I_b = I_a$ ). Exemplos destes dois tipos de moléculas são o clorometano e o benzeno, respetivamente.

Os rotores reais não são rígidos, já que a ligação química é deformável. Uma das consequências deste facto é que o aumento da frequência de rotação provoca uma distorção no valor de  $R$  devido ao aumento da força centrífuga. Este efeito é contabilizado através da constante de distorção centrífuga,  $D$ , na definição da energia dos níveis rotacionais do rotor diatômico

$$E_J = BJ(J+1) - DJ^2(J+1)^2 \quad (5)$$

O valor de  $D$  é baixo para ligações pouco deformáveis e elevado para ligações muito deformáveis – o que permite obter experimentalmente informação acerca da rigidez de uma ligação química.

A descrição do espectro rotacional de moléculas poliatômicas não lineares tem de incluir não apenas os diferentes momentos de inércia mas também as diferentes constantes de distorção centrífuga associadas a cada eixo de inércia – o que aumenta significativamente a complexidade do problema, que será objeto de um texto mais específico.



---

# Monkey Business: Um Algoritmo Genético

Fernando M. S. Silva Fernandes

CQE/ Universidade de Lisboa

“Monkey Business” é uma metáfora enunciada pelo químico-físico Henry Bent no contexto da 2ª lei da Termodinâmica ou lei da entropia: “À temperatura ambiente, por exemplo, a conversão total de 1 caloria de energia térmica em energia potencial, é um evento menos provável do que a reprodução das obras completas de Shakespeare por uma tribo de macacos selvagens teclando ao acaso num conjunto de máquinas de escrever.”

Neste contexto, analisamos a ordem de grandeza das probabilidades invocadas na metáfora e o seu significado. Por sua vez, introduzimos o algoritmo “monkey business” que reproduz a frase de Hamlet: “To be or not to be? That is the question!”, após gerações sucessivas resultantes de mutações numa população inicial de frases aleatórias. A simulação ilustra aspetos básicos dos algoritmos genéticos e a improbabilidade dos macacos realizarem tal tarefa. Dado que os algoritmos genéticos são parte integrante das técnicas de inteligência artificial, dão-se algumas noções desta área referindo aplicações nas ciências exatas e nas ciências da vida.



FIGURA 1. Monkey Business. (fonte: [www.theodysseyonline.com/monkeys-and-typewriters](http://www.theodysseyonline.com/monkeys-and-typewriters))

## Lei da entropia

Metáforas com macacos e Shakespeare, ou outras análogas, têm sido utilizadas por vários cientistas como, por exemplo, o biólogo Richard Dawkins e o astrofísico Fred Hoyle no âmbito da seleção natural dos seres vivos. Alguns argumentos de Dawkins basearam-se num programa computacional, o qual adaptámos ao presente algoritmo genético. Analisemos agora a ideia que Henry Bent transmitiu com a sua metáfora.

Durante a queda dum objeto a energia potencial inicial vai-se convertendo em energia cinética até que se imobilize no solo. Então, a energia localizada no objeto converte-se em energia térmica que se dispersa no solo, na atmosfera e no próprio objeto. É o exemplo típico de processos irreversíveis, uma vez que não é exetável que, espontaneamente, o objeto se levante do chão retornando ao seu estado inicial. Isto implicaria que a energia térmica, dispersa por diferentes locais, se concentrasse e orientasse sob o objeto, de modo a sustentar o trabalho de ascensão. Estes factos, e tantos outros comprovados experimentalmente, são expressos num dos enunciados da lei da Entropia (2ª lei ou 2º princípio da Termodinâmica): "em processos irreversíveis a entropia do universo aumenta, atingindo o valor máximo no estado de equilíbrio". Neste caso, o universo termodinâmico é a união do objeto, do solo e da atmosfera constituindo um sistema isolado.

A entropia é uma função do número de microestados realizados pelo universo na sua evolução temporal. Os microestados são identificados pelas posições e velocidades moleculares. As moléculas ocupam os níveis de energia disponíveis dando lugar a distribuições diferentes, cada uma com um determinado número de microestados, mas mantendo a energia total constante porque o universo é um sistema isolado (1ª lei da Termodinâmica). A Termodinâmica Estatística calcula as probabilidades das diferentes distribuições, concluindo que o estado do universo, após um processo irreversível, corresponde à distribuição de maior probabilidade (com o maior número de microestados e dispersão da energia), isto é, o estado de entropia máxima. Esta conclusão confirma a lei da entropia, enunciada pela primeira vez pela Termodinâmica Clássica sem qualquer fundamento estatístico. Então, o evento do objeto ascender, espontaneamente, está em contradição com a lei da entropia, porque implica uma diminuição da entropia e dispersão da energia do universo. Além disso, sugere a ideia (um sonho ainda recorrente) de conceber processos cujo único resultado fosse a conversão total de energia térmica em trabalho que, no caso do objeto, resultaria na conversão total de energia térmica em energia potencial. É claro que uma máquina a vapor converte energia térmica ("calor") em trabalho, mas não é o único resultado porque parte da energia, proveniente da fonte quente não é convertida em trabalho pois transita para a fonte fria aumentando a entropia do universo. Em suma, após um processo irreversível nada fica como antes: o universo vai perdendo a capacidade de produzir trabalho pois parte da energia disponível (energia livre) para esse fim degrada-se em energia térmica, a qual não pode converter-se completamente em trabalho.

Todavia, a existência de uma distribuição molecular com probabilidade máxima não descarta as distribuições com probabilidades inferiores que eventualmente conduzam à diminuição e não ao aumento da entropia do universo. Na realidade, as moléculas movem-se incessantemente e nada impede que realizem essas distribuições ao longo do tempo. Há, de facto, uma determinada probabilidade, ainda que praticamente negligenciável, da energia térmica se converter, por si só, completamente em trabalho, levando o objeto a ascender repentinamente com a diminuição da entropia do universo. É precisamente a ordem de grandeza desta probabilidade ( $\approx 10^{-(10^{23})}$ ) que Henry Bent comparou com a probabilidade da escrita dos macacos a qual é simples estimar:

Suponhamos uma máquina de escrever com o alfabeto inglês e outros caracteres (pontos, vírgulas, chavetas, espaços em branco, etc.), num total de 95 caracteres, e se pretende que um macaco batendo nas teclas reproduza a frase "To be or not to be? That is the question!". A probabilidade de obter um determinado carácter ao acaso é  $1/95 \approx 10^{-2}$ , donde a probabilidade da frase, que tem 41 caracteres, ser reproduzida totalmente ao acaso é  $10^{-(2 \times 41)} \approx 10^{-82}$ , ou seja, cerca de 1 possibilidade entre  $10^{82}$ . A obra completa de Shakespeare tem 884421 palavras. A média de caracteres das palavras inglesas é  $\approx 5$ , donde a probabilidade da obra ser reproduzida ao acaso é cerca de  $10^{-8844210}$ .

Por conseguinte, a probabilidade de determinada quantidade energia térmica, 1 cal (4,186 J) por exemplo, se converter espontânea e completamente em energia potencial é, de facto, menor do que a da escrita metafórica dos macacos. Note-se que a ordem de grandeza destas probabilidades significa que a eventual ocorrência dos ditos eventos necessitaria de um tempo muito superior ao da idade do Universo ( $\approx 14$  mil milhões de anos), ou seja, pode concluir-se que ambos os eventos são praticamente impossíveis. Contudo, dado que as probabilidades não são iguais a zero, se for admitido um tempo infinitamente longo não se exclui a hipótese dos macacos executarem (virtualmente, é claro) a tarefa e do Universo retornar ao seu estado inicial. O que é expresso pelo teorema da infinitude referente aos macacos (infinite monkey theorem) e pelo teorema da recorrência de Poincaré acerca do Universo (disponíveis na Internet). Curiosamente, macacos virtuais *versus* Shakespeare estão atualmente a servir-se de supercomputadores, ao que parece com sucesso. Voltaremos ao tema da entropia mais adiante.

## Algoritmos genéticos

Um algoritmo genético é uma técnica de otimização baseada nos princípios evolucionários da seleção natural e da genética. Daqui o seu nome e a sua terminologia: os algoritmos usam populações de objetos (designados cadeias de caracteres, cromossomas, genes, etc.), potenciais candidatos à solução de determinado problema. Os cromossomas cruzam-se, sofrem mutações e dão lugar a sucessivas gerações na direção da melhor solução.

---

# Força

Eduardo Lage  
Universidade do Porto

Uma força traduz uma interação entre dois ou mais corpos. A força aplicada a um corpo pode alterar o seu estado de movimento, de acordo com as leis de Newton, ou deforma-lo. O peso é, talvez, o exemplo mais comum de uma força: ele resulta da atração gravitacional da Terra sobre qualquer corpo nas suas proximidades e provoca a sua queda se não for contrabalançada pela (força de) resistência do local onde esteja pousado. Esta força manifesta-se sob outras formas: a pressão atmosférica tem origem no peso do ar; a impulsão, no seio de um fluido, é causada por diferenças de pressão no interior do fluido. Mas há outras forças de diferente natureza: o atrito e a viscosidade, forças elétricas e magnéticas são exemplos bem conhecidos.

Um outro tipo de forças é, também, familiar: a força centrífuga, experimentada por um observador em rotação, seja no interior do automóvel que curva, seja no carrocel da feira de diversões. A força centrífuga tem, porém, uma origem diferente das anteriores: ela só é sentida por um observador não inercial e, portanto, ela é consequência, e não causa, do movimento desse observador. É um exemplo das chamadas forças inerciais, tal como a força que nos empurra para trás quando acelera o carro ou nos atira para a frente quando trava bruscamente. As bases de lançamento de foguetões estão localizadas tão próximo quanto possível do equador para tirar partido da maior força centrífuga. A base da ESA situa-se na Guiana Francesa e a da NASA está na Florida.



FIGURA 1. Experiência Zero-g a bordo de um Airbus A300. (fonte: ESA)

Menos conhecida é a força de Coriolis que experimentamos se nos movermos no interior de um corpo em rotação, como num autocarro que curva ou num carrocel da feira. A Terra, porque roda, não é um sistema inercial e, portanto, as forças inerciais desempenham um papel importante, explicando o desvio predominante de ventos num sentido, no hemisfério norte, e no sentido contrário, no hemisfério sul; na rotação do plano de oscilação de um pêndulo (Foucault); no funcionamento de girocompassos mecânicos, etc.

As forças de inércia são, frequentemente, designadas por pseudo-forças porque existem para o observador não inercial, mas não existem para o observador inercial; por exemplo, a aparente ausência de peso a bordo de um satélite é, para nós, que o observamos da Terra, consequência de tanto o satélite como o astronauta, no seu interior, seguirem trajetórias paralelas; mas, para o astronauta, ela resulta do cancelamento da força de atração gravítica pela força centrífuga.

Mesmo que a soma das forças (conhecida por resultante) seja nula, a soma dos seus momentos pode não se anular: o caso típico, designado por binário, é o de um par de forças iguais, em grandeza, paralelas e de sentidos opostos. Sentimos esse binário quando abrimos uma torneira ou apertamos um parafuso. A rotação da roda do automóvel ou do disco duro do computador são possíveis porque um motor lhes comunica momentos; a agulha da bússola gira para indicar o norte, porque o campo magnético terrestre exerce um binário sobre o material magnético da agulha; a eletricidade é produzida nas barragens ou nos aerogeradores porque bobinas são obrigadas a rodar, por ação de um binário, na presença de magnetos.

É o atrito que nos faz caminhar ou faz mover um automóvel. O atrito desenvolve-se entre o solo e o nosso pé ou entre pavimento e a roda, opondo-se ao movimento desta; ora, o movimento da roda é a sobreposição da translação do automóvel com a rotação da própria roda. Sendo a velocidade da rotação maior que a da translação (no arranque), a força de atrito tem a direção do movimento do automóvel, e opondo-se-lhe no caso contrário (na travagem). Se diminuir o atrito, porque há água ou óleo na estrada, o automóvel desliza, podendo não diminuir a velocidade mesmo que se trave.

As forças gravitacionais do Sol sobre as diferentes partes da Terra têm uma resultante que origina o movimento de translação em torno do Sol; em relação a essa resultante, as forças são maiores na parte mais próxima do Sol e menores na parte mais afastada. Essas diferenças (conhecidas por forças de marés), também originadas pela Lua, são causa direta das marés, não só da componente fluida (ar e água) como da componente sólida (em muito menor amplitude); mas devido ao atrito, originado por esses movimentos relativos, surge um pequeno binário que vai travando a rotação do planeta. O Sol já travou a rotação de Vénus e a Terra já travou a rotação da Lua por isso, esta, para nós, apresenta sempre a mesma face.

---

# Perguntem aos líquenes

Silvana Munzi

Catarina Gouveia

cE3c/ Universidade de Lisboa

Os líquenes são associações simbióticas entre um fungo e uma alga ou cianobactéria. Nas associações simbióticas, dois ou mais parceiros juntam-se e desempenham papéis distintos e complementares, contribuindo para a sobrevivência das simbioses. Nos líquenes, o delicado equilíbrio existente entre os parceiros e as suas características morfológicas e fisiológicas fazem destes organismos um dos melhores biomonitores da qualidade ambiental, extremamente sensíveis à poluição atmosférica e às mudanças climáticas. Além de serem objetos de estudos ambientais e de investigação científica, os líquenes são também protagonistas em atividades de divulgação de ciência e de ciência cidadã, onde os cidadãos podem participar com observações da natureza e partilhar o conhecimento com a comunidade científica.

Quando pensamos em avaliar a qualidade do ar, pensamos em medir a quantidade de poluentes atmosféricos nas emissões de gases e material particulado, e corretamente pensamos que são precisas análises sofisticadas, onde são utilizados analisadores químicos. Este tipo de análises é necessário para quantificar a concentração na atmosfera de elementos que são perigosos para a saúde humana e o ecossistema, e para verificar que os limites máximos legais de concentração destes elementos não sejam ultrapassados. Contudo, existe outra forma de monitorizar a qualidade do ar que é observar os efeitos da poluição e outros stresses ambientais nos componentes dos ecossistemas, e isto é a biomonitorização.

Na biomonitorização, medimos qualitativamente e quantitativamente características biológicas do ecossistema que dependem das condições ambientais e respondem às suas variações. A quantidade e a diversidade de líquenes são duas destas características biológicas.

O que faz com que os líquenes sejam bons biomonitores?

Um líquen não é só um organismo, mas uma associação simbiótica de vários organismos em que os principais parceiros são um micobionte, ou seja, um fungo, e um fotobionte, que

pode ser uma alga verde ou uma cianobactéria (FIGURA 1). O fungo representa acerca de 90% da biomassa do líquen, confere proteção à alga da dissecação, radiação ultravioleta, poluentes, etc., e fornece água e nutrição mineral. A alga, sendo a parte fotossintética do líquen, produz açúcares e energia para ela e o fungo.

Os líquenes vivem em quase todos os ecossistemas terrestres, até em condições ambientais mais extremas onde as plantas mal conseguem viver, como os desertos e a tundra. Algumas espécies líquénicas até conseguiram sobreviver à temperatura, pressão e radiação do espaço numa experiência da European Space Agency. Crescem em vários substratos, da casca das árvores às folhas, do solo às rochas, do vidro à borracha, pois ao contrário dos outros fungos, não precisam de “comer” o substrato.

A morfologia do líquen é definida pela interação entre os parceiros que se combinam, a nível microscópico, em camadas mais ou menos definidas, em que as células de algas estão envolvidas nas células do fungo.

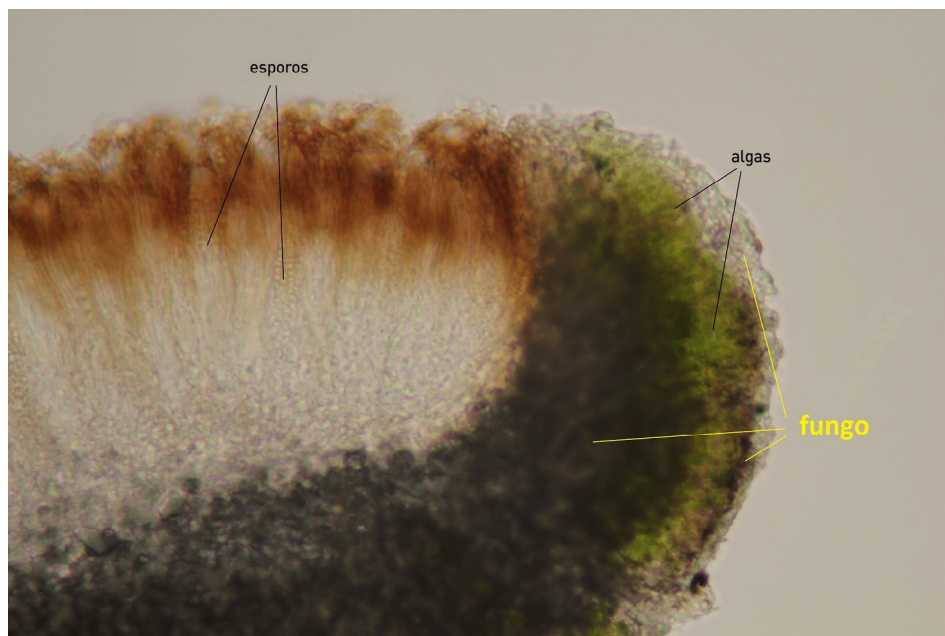


FIGURA 1. Foto de uma secção de um apotécio, estrutura reprodutiva do líquen, onde é possível observar as células da alga, do fungo bem como dos esporos fúngicos. Ampliação: 40 vezes.

Macroscopicamente, os líquenes têm diversas formas de crescimento e podem ser agrupados em 3 grupos principais: líquenes crostosos (aderentes ao substrato, como crostas), foliosos (em forma de folhas) e fruticulosos (em formas de pequenos arbustos). A reprodução pode ser sexual, com produção de esporos por parte do fungo, ou vegetativa, onde há fragmentação e dispersão de pequenas partes do líquen.

Os líquenes são organismos de crescimento lento, crescendo apenas alguns milímetros ou centímetros por ano e com elevada longevidade. Os líquenes não possuem estrutu-

ras de excreção e absorção, retirando a água e os nutrientes que necessitam para o seu crescimento diretamente da atmosfera através da superfície dos seus talos. Também não têm estruturas de proteção, não sendo possível discriminar entre nutrientes e poluentes tóxicos. Isto faz com que eles acumulem tudo o que absorvem nos seus tecidos e que respondam globalmente às condições ambientais em que se encontram, sem poder evitar a exposição quando as condições são desfavoráveis. Além disso, o delicado equilíbrio entre os parceiros pode ser facilmente afetado em caso de stress ambiental, levando à morte e ao desaparecimento dos líquenes. São estas características que conferem aos líquenes um papel importante como biomonitor.

O uso de líquenes epífitos (que crescem nas árvores) como biomonitores começou no século XIX, quando se observou a ausência de líquenes em locais poluídos. Desde então, várias técnicas foram propostas para avaliar a qualidade do ar através do uso de líquenes.

Os líquenes são utilizados principalmente de duas formas: como bioacumuladores e como bioindicadores.

Na bioacumulação, os líquenes são expostos ao ar por um determinado tempo, sendo depois retirados e analisados para medir a concentração de poluentes nos seus tecidos. A comparação entre técnicas de biomonitorização através de líquenes e a utilização de equipamentos, como sensores e monitores da qualidade do ar, mostrou que os líquenes podem acumular grandes quantidades de elementos presentes no ar e que o conteúdo desses elementos no líquen é significativamente correlacionado com a concentração na atmosfera.

As vantagens dos líquenes em comparação com os equipamentos geralmente usados na monitorização da qualidade do ar são o menor custo e a facilidade de aplicação, o que permite ter um número muito maior de amostras e uma maior flexibilidade na escolha da área de estudo.

A bioindicação é baseada no princípio de que as comunidades de líquenes, como as das plantas e dos animais, estão adaptadas às condições ambientais específicas do ecossistema onde vivem. Quando as condições ambientais mudam, seja devido a uma fonte de poluição (por exemplo indústria, agricultura, urbanização), seja devido a mudanças climáticas (variação da temperatura, de humidade, etc.), as comunidades alteram-se, adaptando-se às novas condições. Atualmente, existe uma metodologia standard, comum a toda a Europa, para medir a diversidade líquénica. A realização de um protocolo comum, o mais objetivo possível, nasceu da necessidade de comparar dados de diversidade líquénica recolhidos em vários países, em tempos diferentes e por diferentes operadores; só usando a mesma técnica é possível comparar estes dados sem ter diferenças geradas pelo uso de diferentes metodologias. Esta metodologia consiste no cálculo da frequência de espécies líquénicas em árvores selecionadas na área de estudo, usando precisos critérios de seleção e uma grelha de amostragem de dimensões definidas. Quando este método começou a ser utilizado, a premissa era que um maior número de espécies líquénicas significa uma



melhor qualidade ambiental. Atualmente, os cientistas sabem que cada espécie tem preferências ecológicas distintas, ou seja, cada líquen pertence a um "grupo funcional" que deve ser considerado quando interpretamos os dados de diversidade liquénica. Por exemplo, se uma zona tem poucas espécies de líquenes, mas as espécies presentes são sensíveis à poluição, é uma indicação de boa qualidade do ar (FIGURA 2). Por outro lado, encontrar muitas espécies de líquenes, mas estas serem tolerantes à poluição, poderá significar que a qualidade do ar não é necessariamente boa. Um dos melhores exemplos é o da espécie *Xanthoria parietina*, um líquen que tolera bem a poluição e por isso é fácil observá-la nos troncos de árvore nas cidades e nas áreas agrícolas.

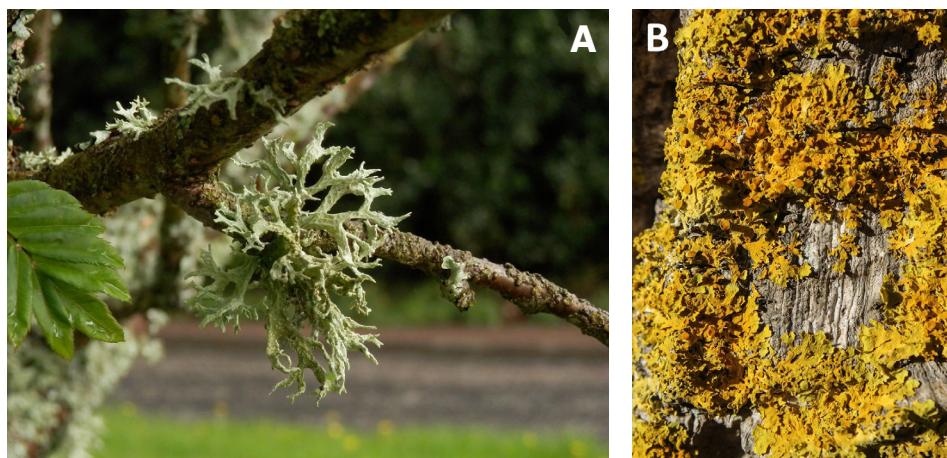


FIGURA 2. A- *Evernia punastri*, espécie liquénica fruticosa, epífita, sensível à poluição atmosférica; B- *Xanthoria parietina*, espécie liquénica foliosa, epífita, resistente à poluição atmosférica.

Esta abordagem funcional é muitas vezes utilizada na aplicação de métodos simplificados de avaliação da diversidade liquénica, uma vez que a determinação das espécies requer conhecimento e experiência. Assim, é possível aprender a reconhecer só algumas espécies "chave", de fácil identificação, para fazer um estudo ambiental de ciência cidadã perto da nossa casa ou da nossa escola, até cobrir o país inteiro.

---

# Magnetismo no dia-a-dia

Maria Margarida Cruz

BioISI/ Universidade de Lisboa

O magnetismo é frequentemente associado apenas a interações entre ímanes ou entre um íman e um metal, quando na realidade está presente na maior parte dos dispositivos modernos. Para perceber como o magnetismo está presente na tecnologia e nos dispositivos elétricos que utilizamos, é útil realizar experiências. A intenção deste artigo é propor algumas experiências simples ilustrativas do comportamento magnético.

Para ilustrar o papel do magnetismo no dia-a-dia considere-se um equipamento elétrico que não funcione a pilhas.

Normalmente tem um transformador (na entrada liga a energia recebida da rede ao circuito interno) e pelo menos um motor (por exemplo, o que faz rodar uma ventoinha de arrefecimento). Um exemplo possível, é um computador onde se identifica facilmente no seu interior as duas componentes referidas, bem como o disco magnético para armazenamento de dados que também baseia o seu funcionamento no magnetismo.

Começemos pela energia que chega ao equipamento. Eletricidade e magnetismo são indissociáveis. A produção de energia elétrica nas centrais térmicas, hidroelétricas, eólicas e nucleares é obtida com a variação periódica da orientação de um "íman" (uma bobine percorrida por corrente como veremos à frente) junto de uma bobine, B. Este movimento mecânico cria um campo magnético variável, a que corresponde um fluxo magnético variável que gera em B uma corrente alternada induzida (Lei de Faraday).

Pode observar-se este fenómeno usando a experiência seguinte: um íman suspenso de uma mola é colocado a oscilar junto de uma bobine (FIGURA 1).

Em cada oscilação o fluxo do campo magnético do íman através das espiras da bobine varia entre um valor elevado (íman no interior) e um valor baixo (íman no exterior) e induz uma diferença de potencial (d.d.p.) alternada na bobine. Ligando um osciloscópio aos terminais da bobine é possível observar essa d.d.p. (se em vez de ligar a bobine ao osciloscópio fechar o circuito com uma resistência, fluirá no circuito corrente elétrica alternada).

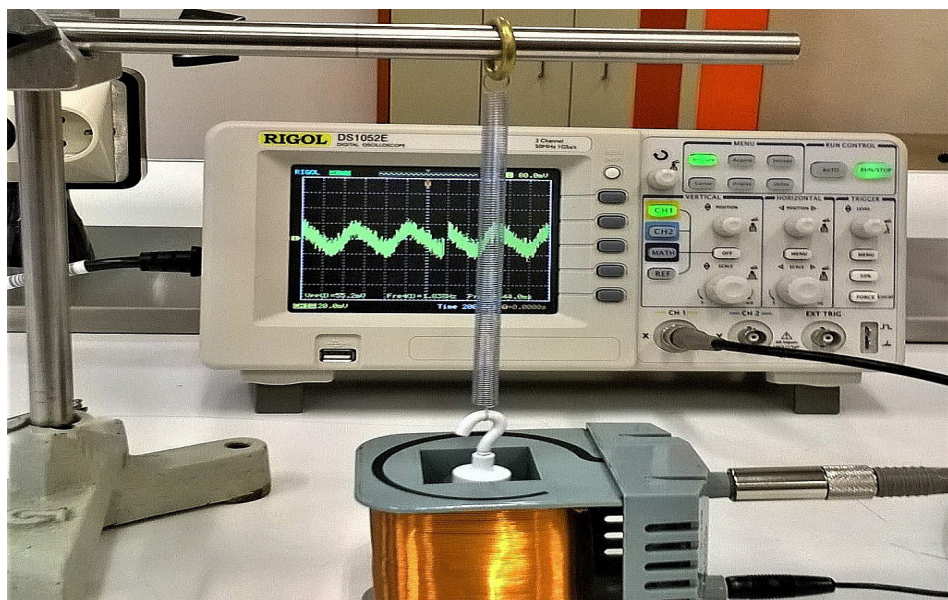


FIGURA 1. Um ímã em oscilação entre o interior e o exterior de uma bobine e a d.d.p. entre os seus extremos observada num osciloscópio.

Note-se que a d.d.p. induzida, medida no osciloscópio, tem uma frequência igual à frequência própria da mola permitindo obter, a partir da medida do período, a constante elástica da mola, conhecida a massa suspensa, ou inversamente, determinar a massa se a constante elástica da mola for conhecida.

O funcionamento de um motor, movimento mecânico causado por um sinal elétrico, pode também ser ilustrado com a montagem anterior mas agora aplicando na bobine um sinal de tensão periódico e observando o movimento da mola. Neste caso, a amplitude de oscilação será maior quando a frequência da d.d.p. aplicada for próxima da frequência própria da mola, pois a transferência de energia elétrica para energia mecânica é maior neste caso.

O exemplo dado ilustra o funcionamento de um motor com movimento linear. Um rotor, motor em rotação, utiliza não a variação da intensidade do campo magnético na mesma direção do ímã, mas a inversão periódica do sentido do campo magnético obrigando o ímã a rodar para se alinhar com o campo. A inversão alternada do sentido impede que seja atingido o equilíbrio e mantém o ímã e qualquer objeto a ele ligado em rotação.

As experiências referidas evidenciam que a bobine interatua com o ímã e funciona como um ímã quando percorrida por corrente elétrica – constitui um eletroímã. No eletroímã a intensidade do campo magnético pode ser variada. Pode mostrar-se que é proporcional à corrente elétrica que percorre o enrolamento, ao número de voltas da bobine e a uma característica do meio no interior da bobine que mede a capacidade deste ampliar o campo magnético da bobine – a permeabilidade magnética. Um eletroímã simples pode ser

obtido enrolando fio de cobre em torno de um cilindro de ferro. Para mostrar como varia o campo magnético de um eletroímã com o material no interior pode enrolar-se fio de cobre em torno de um tubo de plástico. Usando uma corrente elétrica constante no enrolamento e utilizando dois varões do mesmo diâmetro e material diferente (por exemplo, ferro e alumínio), é possível mostrar que apenas o varão de ferro é magnetizado quando colocado no interior do enrolamento, ampliando o campo magnético. Medindo a intensidade do campo com o número de clips que o varão consegue atrair, é possível mostrar que a força magnética aumenta proporcionalmente à corrente que percorre o fio enrolado (FIGURA 2).

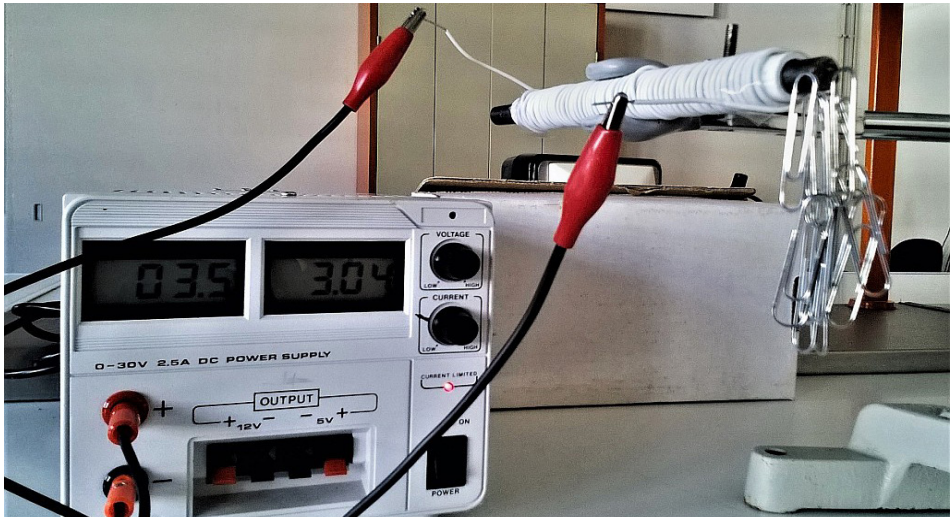


FIGURA 2. Um eletroímã com varão de ferro no seu interior atraindo vários clips.

Se se colocar um varão comprido no interior do primeiro enrolamento com  $N_1$  voltas, percorrido por corrente elétrica sinusoidal, e se se enrolar na extremidade livre do varão um segundo enrolamento, próximo do primeiro, pode verificar-se que é possível medir uma d.d.p.  $V_2$  no segundo enrolamento com a mesma frequência do sinal do primeiro, sem que exista contacto elétrico entre os dois. Variando o número de voltas,  $N_2$ , pode mostrar-se que a d.d.p no primeiro enrolamento,  $V_1$ , se relaciona com  $V_2$  por  $V_1/V_2 \approx N_1/N_2$ . Construiu-se um transformador.

Qualquer das experiências apresentadas pode ser realizada sem que seja necessário equipamento especial com exceção de um osciloscópio, um gerador dc e um gerador ac.

---

# Simplesmátic@

## A matemática mais simples e simpática

José Alves Barroco

Agrupamento de Escolas de Real

O projeto **Simplesmátic@** foi elaborado no âmbito da candidatura de Ideias com mérito da Rede de Bibliotecas Escolares e centra-se no ensino da matemática, mais especificamente, no treino do cálculo mental. Este treino é feito com recurso às novas tecnologias em 45' semanais de Oferta Complementar (OC), sendo os alunos convidados a usar, de acordo com um roteiro, aplicações diversas alojadas na plataforma Hypatiamat.

### Problema e objetivos

O projeto foi concebido com base nalguns dados diagnosticados no Agrupamento de Escolas de Real:

- a) Os alunos dos segundo e terceiro ciclos do ensino básico têm tido resultados pouco positivos na disciplina de matemática, tanto na avaliação interna como na avaliação externa.
- b) Após uma análise cuidada dos resultados dos alunos nos exames e nas fichas de avaliação internas, verificou-se que apresentam inúmeras dificuldades ao nível do cálculo mental.
- c) Os *curricula* da disciplina de matemática assim como os exames nacionais contemplam exercícios de cálculo mental sem a utilização da máquina de calcular.
- d) Os alunos demonstram alguma resistência a trabalhar o cálculo de forma tradicional, mudando a sua postura e atitude se o mesmo for feito através das novas tecnologias.

Face a este diagnóstico, a equipa da biblioteca escolar (BE) solicitou a colaboração da equipa de investigadores do Hypatiamat, integrada no GUIA (Grupo Universitário de Investigação em Autorregulação) da Escola de Psicologia da Universidade do Minho e com a colaboração da direção da escola e do grupo disciplinar de matemática definiu um conjunto de estratégias capazes de contribuir para a supressão das dificuldades dos alunos.

Estas estratégias passaram em larga medida pelo recurso às novas tecnologias, tornando a matemática, em geral, mais "simpática" e o cálculo mental, em particular, mais simples.

O projeto simplesmátic@ nasceu, pois, de um problema concreto e tem como objetivos principais:

- a) Auxiliar os alunos na aquisição de estratégias de cálculo mental.
- b) Contribuir para o aumento do sucesso dos alunos na disciplina de matemática.
- c) Melhorar o nível da literacia matemática através do recurso às novas tecnologias.

## **Metodologia**

Para a concretização do projeto, privilegiou-se o trabalho colaborativo a fim de se concertarem e cimentarem as estratégias. Assim, tem havido das partes envolvidas o compromisso com as medidas adotadas.

A direção da escola garante no horário dos alunos e dos professores de matemática 45' de OC para se trabalhar especificamente o cálculo mental com o equipamento informático adquirido (tablets).

A equipa do Hypatiamat colabora com a disponibilização na plataforma online de conteúdos específicos a serem trabalhados nos dispositivos com sistema operativo android.

Os docentes de matemática trabalham os conteúdos definidos nas horas estipuladas e asseguram a realização de outras atividades inerentes ao projeto.

A equipa da BE assegura a coordenação do projeto, a monitorização e a avaliação do mesmo. Assegura ainda a aquisição de fundo documental de apoio ao desenvolvimento de estratégias de cálculo.

Em linhas gerais, o projeto centra a sua ação nas aulas de OC que são dedicadas exclusivamente à disciplina de matemática, nos 5º e 7º anos de escolaridade, onde se trabalha semanalmente o cálculo mental com recurso às aplicações/jogos do Hypatiamat ([www.hypatiamat.com](http://www.hypatiamat.com)) instaladas nos tablets. Cada aluno dispõe de um tablet e trabalha o cálculo mental de forma lúdica, servindo-se apenas desse dispositivo móvel.

As aulas decorrem de acordo com um roteiro (RED disponibilizado no portal da Casa das Ciências), elaborado pelos diversos intervenientes no projeto. O roteiro está programado para aulas de 45' e centra-se num jogo – SAMD – que contempla as quatro operações aritméticas. Para poderem aceder ao jogo, os alunos fazem login e todo o seu desempenho fica registado para posterior consulta por parte do professor. Desta forma, o professor pode monitorizar, continuamente, o aproveitamento do aluno. Esta monitorização é feita através do escritório virtual do professor, alojado na plataforma Hypatiamat. Aqui, o professor tem acesso ao número de jogos que o aluno realiza em cada sessão, à pontuação obtida, à pontuação máxima e mínima, à média obtida quer individual quer coletivamente, entre outros dados.



FIGURA 1. Trabalho de cálculo mental com recurso às aplicações/jogos do Hypatiamat instaladas nos tablets.

O roteiro prevê ainda que o aluno intercale com o SAMD outros jogos que trabalhem competências similares ou distintas, previstas ou não nos programas curriculares.

O trabalho desenvolvido centra a sua ação a partir da plataforma Hypatiamat (FIGURA 1), que tem como objetivo mapear as condições de (in)sucesso na disciplina de Matemática e contribuir para a promoção do sucesso escolar dos alunos do Ensino Básico, através da “criação e disponibilização de aplicações hipermédia que incorporem os objetivos definidos pelo currículo, que possibilitem aos alunos um papel mais ativo, dinâmico e interativo na sua aprendizagem e que contribuam para o aluno autorregular a sua aprendizagem”, o que é um contributo positivo para a melhoria do sucesso na disciplina de matemática.

As aplicações aí disponibilizadas, com uma apresentação atrativa, interativa e não sequencial da informação concorrem “para uma aprendizagem significativa e profunda, onde a partilha de ideias, de soluções e de estratégias, a exploração de caminhos, a pesquisa, o questionamento e a colaboração entre os diferentes intervenientes” contribuem para a construção do conhecimento.

A plataforma foi criada com a intenção de facultar aplicações que promovessem a autorregulação da aprendizagem, recorrendo à tecnologia, cujas potencialidades em diversas áreas da matemática (entre elas o cálculo) são evidentes. Através destas aplicações, o aluno é chamado a assumir um papel ativo na construção do conhecimento, assumindo a autorregulação da aprendizagem, garantindo uma maior proficiência. Esta autorregulação

é visível na aplicação SAMD, onde o aluno lança a si próprio desafios respeitantes ao cálculo mental, quer ao nível da rapidez quer ao nível da complexidade, monitoriza e avalia o seu desempenho, através de um feedback imediato ou histórico, podendo estabelecer um paralelo com os pares.

## **Balanço**

Já no quarto ano de implementação dispomos de alguns dados concretos que nos permitem fazer um balanço positivo do projeto, no que diz respeito sobretudo ao impacto destas aprendizagens dos alunos. Este impacto ressalta das opiniões recolhidas junto dos professores e dos alunos e é visível nos resultados obtidos nos testes de cálculo realizados ao longo do ano e sobretudo no final do ano letivo comparativamente com os resultados obtidos nos pré-testes de cálculo mental.

Ainda que saibamos que o caminho a percorrer na área do ensino da matemática é longo, temos a convicção de que o projeto contribui significativamente para ajudar os alunos na aquisição de estratégias de cálculo, no fundo, na melhoria do cálculo mental. Daí que, desde o ano letivo anterior, tenhamos alargado o projeto ao primeiro ciclo do ensino básico, por acreditarmos que os benefícios serão ainda maiores se tal for feito numa fase mais prematura.

## **Conclusão**

Conscientes de que a matemática se reveste de um ar sisudo para um número de alunos mais elevado do que o desejável, a BE conseguiu com o projeto *simplesmátic@* emprestar à disciplina uma vertente mais leve e lúdica. Assim, assente num trabalho colaborativo, revestido de sistematicidade e continuidade e centrado nas características de alunos nativos-digitais, temos dado um contributo positivo para o sucesso dos alunos na disciplina de matemática.



---

# Angiospérmicas do Cretácico da Bacia Lusitaniana (Portugal)

Mário Miguel Mendes  
CIMA/ Universidade do Algarve

O Cretácico português é rico de jazidas de macro, meso e microfósseis de plantas que, desde cedo, despertaram o interesse de estudiosos de vegetais fósseis. O primeiro estudo sobre macrofloras mesozoicas foi realizado por Gaston de Saporta em 1894, onde refere angiospérmicas (plantas com flor) do Cercal, Buarcos-Tavarede e Nazaré. Na mesma época, outros trabalhos foram desenvolvidos em macrofloras do Cretácico Inferior do Grupo de Potomac, nos EUA. Estes trabalhos influenciaram as primeiras discussões sobre a origem e diversificação das angiospérmicas. Carlos Teixeira fez a revisão das floras descritas por Saporta entre 1945 e 1952. Estes trabalhos pioneiros permitiram obter visão geral da vegetação de Portugal no Cretácico, evidenciando mudança drástica entre as floras do Cretácico Inferior, em que predominavam fetos e gimnospérmicas, e as do Cretácico Superior, largamente dominadas pelas angiospérmicas.

Em Portugal, o Cretácico está bem representado na Bacia Lusitaniana (litoral Centro-Oeste). A Bacia Lusitaniana inclui depósitos marinhos, litorais, salobros e continentais, desde o Berriasiano ao Albiano correspondentes ao enchimento progressivo da Bacia entre a Arrábida e a Nazaré, e entre o Turoniano e o Maastrichtiano numa vasta área litoral entre Nazaré e Aveiro. Rey *et al*, em 2006, apresentaram síntese detalhada que contribuiu para o conhecimento da estratigrafia e ambientes deposicionais do Cretácico português, bem como, para a interpretação dos processos envolvidos na dinâmica da Bacia Lusitaniana.

A Bacia Lusitaniana é excepcionalmente rica de jazidas de vegetais fósseis. Algumas tornaram-se célebres nos anais de Paleobotânica (FIGURA 1). Os afloramentos fossilíferos ali existentes contêm arenitos com intercalações de lentículas argilosas escuras com restos de vegetais. Nestes corpos argilosos tem sido recolhido grande número de fósseis de plantas (FIGURA 2), cujo estudo tem contribuído para ampliar os conhecimentos sobre a flora mesozoica de Portugal.

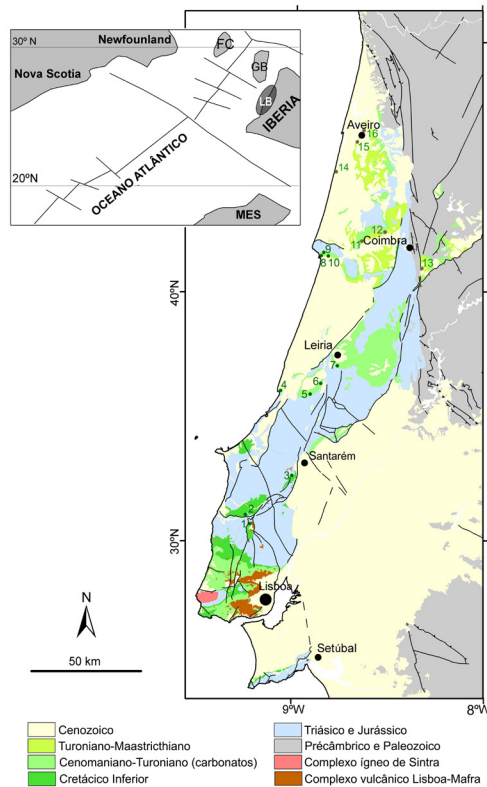


FIGURA 1. Localização geográfica das principais jazidas de mesofósseis: 1- Catefica, 2- Torres Vedras, 3- Cercal, 4- Nazaré, 5- Juncal, 6- Vale de Água, 7- Famalicão, 8- Buarcos, 9- Tavadre, 10- Vila Verde, 11- Vila Verde de Tentugal, 12- Ançã, 13- Vila Flor, 14- Mira, 15- Presa, 16- Esgueira.

A partir de 1990, a descoberta de mesofloras constituídas por estruturas reprodutoras de angiospérmicas, em excelente estado de preservação, permitiu obter informações detalhadas sobre as primeiras angiospérmicas do Cretácico. As mesofloras portuguesas são conhecidas do Berriasiano ao Campaniano-Maastrichtiano. As primeiras angiospérmicas, bem caracterizadas, ocorrem no Barremiano superior-Aptiano inferior ( $\approx 125$  Ma). A excelente preservação destas mesofloras permite comparações detalhadas com plantas da flora moderna, possibilitando estudos taxonómicos, estabelecer relações filogenéticas e

conhecer a biologia reprodutora das angiospérmicas do Cretácico, incluindo a evolução da flor e das suas funções e modos de dispersão polínica.



FIGURA 2. Jazida fossilífera do Cretácico Inferior de Catefica em que se observam níveis argilosos escuros intercalados no seio de arenitos.

A mesoflora de Torres Vedras (recolhida em depósitos fossilíferos com mesofósseis de angiospérmicas mais antigas de Portugal, situada a NE do Forte da Forca) é muito rica de mesofósseis de angiospérmicas: flores, frutos, sementes, inflorescências e estames dispersos no sedimento. Entre as monocotiledóneas destaca-se o género *Mayoa* Friis, Pedersen & Crane atribuído à família Araceae e um outro pólen monocolpado, caracterizado por possuir um colpo curto e um teto contínuo, muito semelhante aos pólenes do atual género *Acorus* L. (Acoraceae). Outros, incluindo *Pennipollis*, podem ter sido produzidos por angiospérmicas da ordem Alismatales (FIGURA 3 A-B).

A maior parte das estruturas frutíferas da mesoflora de Torres Vedras são pequenas e unicarpelares. Tipicamente, estas estruturas têm uma única semente, embora, também, ocorram frutos com várias sementes.

Uma das características da rica mesoflora de Torres Vedras é a presença de sementes cujas paredes anticlinais apresentam células tipicamente onduladas muito semelhantes às observadas nas Nymphaeales da flora moderna.

Ocorrem fragmentos de anteras com pólenes *in situ* e coprólitos com pólenes de um único ou diferentes tipos. A grande maioria dos pólenes são monoaperturados e afins de monocotiledóneas, e talvez, de eumagnolídeas (dicotiledóneas), tais como Piperales. Surgem outras plantas relacionadas com o "grado" ANITA (*Amborella*, Nymphaeaceae, *Illicium*, Trimeniaceae e Austrobaileyaceae).

Os vários táxones atribuíveis a Chloranthaceae, incluindo plantas semelhantes a *He-dyosmum*, muito abundantes na mesoflora de Torres Vedras, também, estão representa-dos pelos pólenes dispersos no sedimento, nomeadamente, por *Asteropollis*, que podem corresponder a plantas polinizadas pelo vento.

A ocorrência de coprólitos ricos de pólenes, incluindo *Clavatipollenites* (Couper), sugere que algumas plantas do Barremiano superior-Aptiano inferior eram visitadas por insetos.

Apenas são conhecidos dois tipos de pólenes tricolpados que evidenciam a presença de eudicotiledóneas na mesoflora de Torres Vedras.

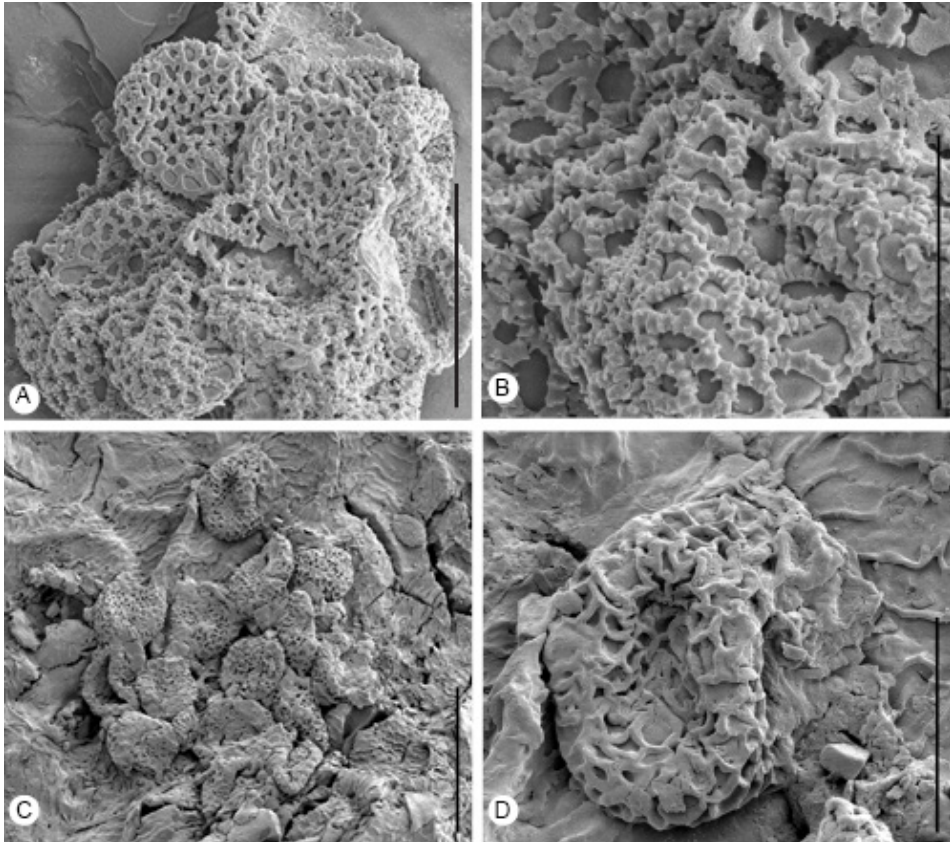


FIGURA 3. Imagens de microscopia eletrónica de varrimento de pólenes de angiospérmicas.

A-B – Cluster de pólenes de tipo *Pennipollis* do Cretácico Inferior de Torres Vedras. C-D – Grãos de pólen de tipo *Retimonocolpites* do Cretácico Inferior do Juncal. Escala: A – 20  $\mu\text{m}$ ; B – 10  $\mu\text{m}$ ; C – 25  $\mu\text{m}$ ; D – 10  $\mu\text{m}$ .

Muitos dos pólenes de angiospérmicas observados *in situ* não ocorrem dispersos no se-dimento. Talvez sejam de plantas polinizadas por insetos, com baixa produção polínica, com distribuição limitada. Foram reconhecidos muitos pólenes dispersos no sedimento atribuíveis a dois tipos de *Retimonocolpites* (FIGURA 3 C-D). São frequentes a partir do Hau-teriviano e eram produzidos por diferentes tipos de plantas. As afinidades sistemáticas de

muitos destes pólenes permanecem incertas. No entanto, alguns eram produzidos, provavelmente, por monocotiledóneas e foram documentados em inflorescências de aráceas.

Numa das mesofloras de Juncal foi identificada e descrita, pela primeira vez na Europa, uma flor da família Lardizabalaceae (Ranunculales) – *Kajanthus lusitanicus* Mendes, Grimm, Pais & Friis. Trata-se de flor bissexual, actinomórfica (simetria radial), com pólenes tricolpados *in situ*, próxima de *Sinofranchetia* (Diels) Hemsley endêmica na China. Foram igualmente descritas três novas espécies do novo género *Canrightiopsis* Friis, Grimm, Mendes & Pedersen de frutos com pólenes de tipo *Clavatipollenites*. Corresponde a género em posição evolutiva intermédia entre o género fóssil *Canrighthia* Friis & Pedersen e os géneros atuais *Ascarina* Frost & Frost, *Sarcandra* Swartz e *Chloranthus* Swartz. Recentemente, foi descrita nova flor bissexual, actinomórfica e com ovário semi-inferior atribuível ao género *Saportanthus* Friis, Crane & Pedersen. Estas flores são comuns na mesoflora de Catefica e apresentam conjunto de caracteres que sugere estreita relação com as Laurales da flora moderna.

As floras do Cretácico Superior são caracterizadas pela rápida diversificação das eudicotiledóneas nucleares que passam a dominar a partir do Cenomaniano. Os Normapolles (Fagales) são particularmente abundantes e característicos das floras ibéricas. Foram descritas flores com Normapolles associados nas mesofloras de Mira e de Esgueira, embora os táxones de Normapolles não sejam dominantes. As plantas produtoras de Normapolles têm características (morfologia, dimensões) que mostram que eram polinizadas pelo vento. Deviam ser pequenas árvores, crescendo em espaços abertos, num ambiente com frequentes fogos florestais sob clima sazonalmente seco.

A sucessão das mesofloras do Cretácico Inferior do Grupo de Potomac e do Cretácico Superior de outras regiões têm padrão semelhante ao das associações portuguesas. Há táxones comuns no Cretácico Inferior de Portugal e dos Estados Unidos da América. Todavia, no Cretácico Superior, parece haver divergência na composição das floras de cada lado do Atlântico, o que reflete a diferenciação geográfica que prosseguiu no Cenozoico.

Existem, também, diferenças significativas entre as floras portuguesas e as do Centro e Norte da Europa de acordo com o registo dos conjuntos polínicos e provavelmente dos ambientes e zonação climática.

---

# Paisagens da Islândia: Formas e Processos (II)

Fernando Carlos Lopes  
CITEUC/ Universidade de Coimbra

A construção da Islândia iniciou-se há cerca de 24 Ma, como resultado do vulcanismo que ocorreu devido à interação entre uma pluma mantélica e a Dorsal Média Atlântica (DMA), e que se mantém na atualidade. A carga glacial sobre a litosfera terá desempenhado um forte efeito na atividade vulcânica. Reconhece-se uma elevada taxa de erupções no milénio que se seguiu ao degelo da última glaciação, comparativamente com a baixa taxa verificada atualmente. Este efeito pode ser explicado pela diminuição da pressão litostática, à medida que os glaciares fundiam. Os movimentos crustais vigorosos causados pelo resalto isostático poderá ter despoletado intenso vulcanismo até se estabelecer um novo equilíbrio litostático.

O vulcanismo na Islândia é diversificado e é caracterizado por quase todos os tipos vulcânicos e estilos eruptivos conhecidos na Terra. A presença de água em abundância (líquida ou em estado sólido) torna as erupções mais explosivas ao introduzir vapor de água no sistema, levando à formação de tefra e outros piroclastos.

## **Parte II - Paisagens controladas pelo vulcanismo**

### **Planaltos basálticos**

Os planaltos basálticos resultam de espessas sucessões de escoadas de lava basáltica expelida por fissuras (FIGURA 1). São característicos do vulcanismo de tipo fissural, e típicos de contextos de rifte. Na Islândia são vulgares este tipo de morfologias, que se destacam na paisagem como impressionantes paredes rochosas. Um dos exemplos é o planalto de Glaumbaer, sobranceiro à região etnográfica de Glaumbaer (FIGURA 2).

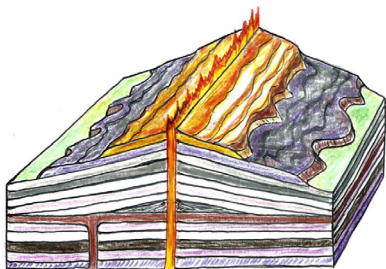


FIGURA 1. Esquema 3D (sem escala) da formação dos planaltos basálticos.



FIGURA 2. Planalto basáltico de Glaumbaer.

Durante o curto estio ártico, a água resultante da fusão dos glaciares e das geleiras escorre pelas encostas alcantiladas dos planaltos, alimentando riachos temporários e cascatas e escavando sulcos de escorrência.

### **Cones e caldeiras vulcânicas**

Os vulcões da Islândia podem estar relacionados com sistemas vulcânicos fissurais, com sistemas vulcânicos centrais (cones), ou com uma mistura de ambos (alinhamentos de cones de cinzas (FIGURA 3)). O ambiente da erupção pode ser subaéreo, submarino ou subglacial. Os sistemas vulcânicos fissurais caracterizam-se pelo derrame explosivo de lava através de fissuras, de que resultam os planaltos basálticos (FIGURA 1-2). Os vulcões centrais são estruturas construídas por sucessivas e alternadas erupções de lavas e de depósitos piroclásticos (FIGURA 4). Os sistemas mistos caracterizam-se pela formação de aparelhos vulcânicos de cinza, preferencialmente alinhados com sistemas de fissuras. São frequentes os aparelhos vulcânicos que evoluíram para caldeiras, sendo o seu interior ocupado por lagos e lagoas. Junto à costa, as caldeiras mais antigas, já totalmente arrasadas e parcialmente destruídas, podem constituir baías e enseadas.

A maioria das erupções holocénicas ocorreu em ambiente subglacial, conferindo aos aparelhos vulcânicos uma morfologia particular em forma de mesa.

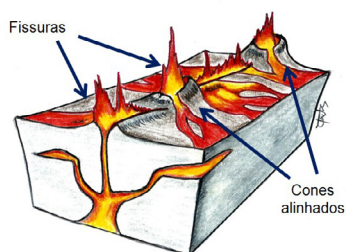


FIGURA 3. Esquema 3D (sem escala) da relação entre o vulcanismo fissural e o central.



FIGURA 4. Cone do vulcão Grábrok (região de Vesturland, Islândia ocidental).

### Formações basálticas com disjunção colunar (ou prismática)

As disjunções colunares ou prismáticas são estruturas que se formam durante o processo de arrefecimento de espessas escoadas de lava basáltica. A contração do material rochoso pelo arrefecimento e solidificação, gera planos de diáclases perpendiculares à superfície de arrefecimento. Estas diáclases, ao se propagarem para dentro da rocha, geraram colunas paralelas umas às outras e perpendiculares à superfície de fluxo. Numa secção longitudinal à escoada de lava, as colunas inclinam suavemente no sentido contrário ao do fluxo.

### Campos geotermais

Os campos geotermais são locais específicos onde existem condições para a ocorrência de géiseres e fumarolas, fontes quentes e poças de lama escaldante (*mudspots*). O sistema de circulação de água num campo destes funciona, genericamente, segundo o seguinte modelo: as águas pluviométricas infiltram-se no solo por fendas e fraturas, atingindo as camadas rochosas quentes, onde são aquecidas. Sobem depois rapidamente, sob pressão, ao longo das falhas existentes, saindo à superfície sob a forma de jacto de água (geiser) ou de vapor (fumarola).

É possível encontrar na Islândia numerosos campos geotermais, localizados ao longo dos principais eixos vulcânicos.

### Túneis de lava

As grutas e os tubos de lava são também aspetos frequentes da paisagem vulcânica de muitos locais na Islândia. Estas estruturas singulares formam-se perto do ponto de erupção e podem estender-se por uma vasta área em redor, quando a superfície das escoadas de lava basáltica, em contacto com o ar muito frio, solidifica rapidamente, formando o teto de um canal de rocha sob o qual a lava continua a fluir (FIGURA 5). Este mecanismo permite que a lava alcance grandes distâncias, podendo desaguar no mar. O tubo vai esvaziando, à medida que o fluxo de lava diminui. Quando a erupção chega ao fim e o fornecimento de lava termina, ou quando a lava é desviada para outro caminho, a lava no interior dos tubos é drenada e deixa condutas parcial ou totalmente vazias sob a terra.

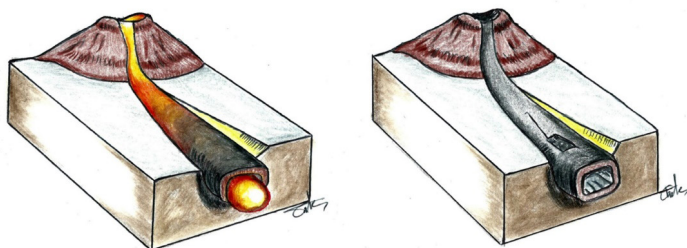


FIGURA 5. Esquema 3D (sem escala) da formação de um túnel de lava.



### Pseudocrateras do lago Myvatn

Pseudocrateras são estruturas semelhantes a pequenas crateras vulcânicas mas que não possuem ligação com nenhuma conduta de magma. Formam-se quando uma escoada de lava incandescente entra em contacto com a água fria de um lago, lagoa ou pântano, causando uma explosão de vapor através da lava. Os gases explosivos fragmentam a superfície da lava de uma forma semelhante à de uma erupção freática. Os fragmentos de rocha lançados para o ar vão formar, ao caírem, uma cratera com o aspeto muito semelhante ao de uma verdadeira cratera vulcânica.

O lago Myvatn fica localizado no setor centro-norte da Islândia, numa área vulcânica, a cerca de 10 km a SW do sistema vulcânico de Krafla. Com cerca de 35 km<sup>2</sup> e uma profundidade média de 4,2 m, é o quarto maior lago da Islândia. A extremidade sul deste lago está pontuada de pseudocrateras que se elevam cerca de 2 a 5 metros acima da superfície da água. Estas estruturas formaram-se há cerca de 2300 anos quando uma escoada de lava incandescente entrou em contacto com a água fria do lago e foi fragmentada e pulverizada por fortes explosões de vapor.

### Escarpas basálticas

Os grandes planaltos basálticos islandeses são rematados por imponentes escarpas alcantiladas com várias centenas de metros de altura, flanqueando os bordos de vales glaciários (FIGURA 6). A origem destas escarpas poderá ser explicada admitindo que as erupções vulcânicas que lhes deram origem foram contemporâneas da glaciação e que as escoadas de lava, ao fluírem a partir da zona da erupção em direção ao vale, terão sido travadas pelos glaciares (FIGURA 7).



FIGURA 6. Escarpa basáltica nas proximidades do cone do vulcão Grábok (região de Vesturland, Islândia ocidental).

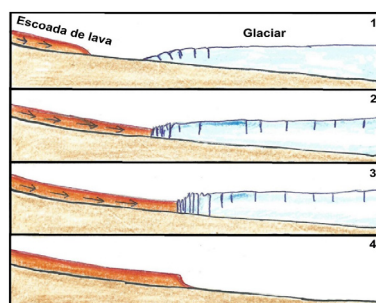


FIGURA 7. Esquema (sem escala) da formação de uma escarpa basáltica.

---

# Beija-flores

in [imagem.casadasciencias.org](http://imagem.casadasciencias.org)

Há uma tremenda diferença entre ver uma coisa sem um lápis na mão e vê-la ao desenhá-la.

PAUL VALÉRY

A auto-reflexividade das marcas desenhadas, presentes nesta ilustração de colibris, recordam o seu processo e aludem aos meios implicados na sua própria criação.

Quando as primeiras marcas irrompem no papel, desencadeia-se um processo dialético — com o objeto (que se observa) e com a construção gráfica que emerge — compatibilizando-a com a pragmática do desenho. Trata-se de uma relação que confronta — no desenho — o que pretende fazer e como pretende fazer.

Consideram-se, neste sentido, as variáveis de expressão dos meios e instrumentos do desenho no quadro abstrato das suas correspondências para os articular como significantes na busca de significados para as representações.

Materializado numa folha de papel e num instrumento para desenhar verifica-se a indispensabilidade de atuar representando o objeto com a consciência da escala, da cor ou da superfície, mas também, a natureza dos meios e das matérias para considerar o máximo de valor na construção de sentido.

J.J. Marques

FBAUP/ Universidade do Porto

Os colibris ou beija-flores são aves do continente Americano, existindo entre 325 e 340 espécies, divididas em duas subfamílias: os eremitas e os beija-flores típicos.

Os beija-flores estão entre as aves de menor tamanho, medindo a maioria das espécies entre 7,5 a 13 cm, voando e pairando no ar com o bater das asas a 50 vezes por segundo, permitindo-lhes também voar a velocidades superiores a 54 km/h, para trás ou de cabeça para baixo. Estas aves têm a taxa metabólica mais alta de qualquer animal homeotérmico. Para economizar energia, têm a capacidade de entrar num estado de hibernação onde a sua taxa metabólica é reduzida a 1/15 do ritmo normal.

São nectarívoros especializados e estão vinculados às flores ornitófilas. As formas dos beija-flores variam drasticamente, como uma adaptação para a alimentação especializada.

A maioria das espécies, constrói um ninho em forma de taça no galho de uma árvore ou arbusto, embora, algumas espécies tropicais normalmente anexem os seus ninhos a folhas. Muitas espécies de beija-flores usam seda de aranha e líquenes para ligar o material do ninho e garantir a estrutura.

Sandra Macieira



Maior e menor espécie de beija-flor, *Patagona gigas*, com 23cm e o *Mellisuga helenae*, com 6cm.

CASA DAS CIÊNCIAS



CASA DAS CIÊNCIAS — RECURSOS DIGITAIS PARA PROFESSORES

V ENCONTRO  
INTERNACIONAL  
DA CASA  
DAS CIÊNCIAS

# CIÊNCIA, COMUNICAÇÃO, IMAGEM E TECNOLOGIA

CENTRO CULTURAL  
VILA FLOR  
GUIMARÃES

9,10+11  
JULHO  
2018

SEM REPRESENTAÇÃO ILUSTRACIONAL DE ANIMOS (10)

**EDULOG**

Pensar. Atuar. Renovar. Think Tank da Educação  
FUNDAÇÃO BELMIRO  
DE AZEVEDO