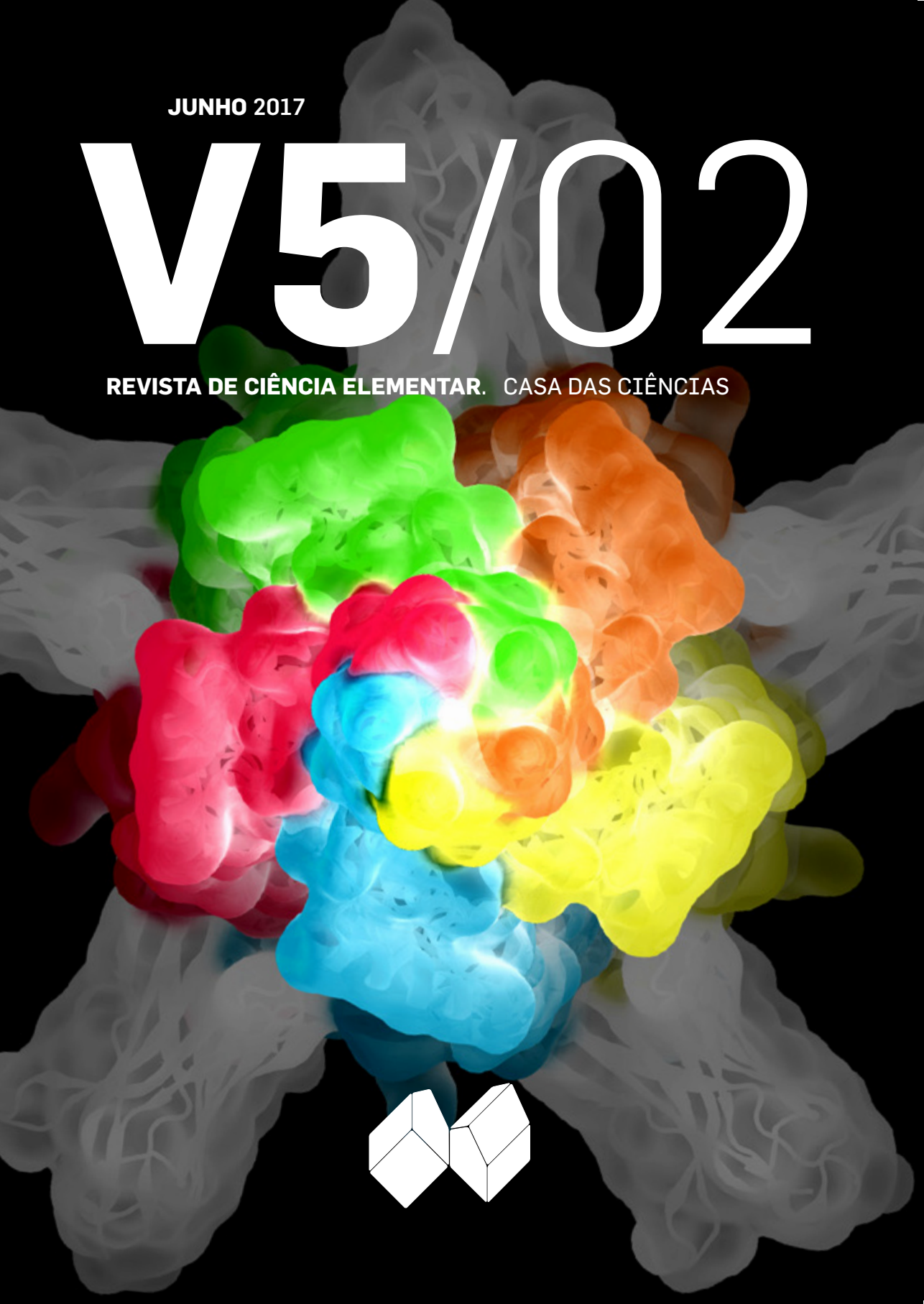
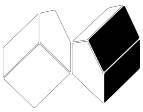
JUNHO 2017

V5/02

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

DEPÓSITO LEGAL
425200/17

DESIGN
Rui Mendonça

PAGINAÇÃO
Nuno Machado

IMPRESSÃO E ACABAMENTO
Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM
3100 exemplares

IMAGEM NA CAPA
Ana Rita Calixto
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

CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

EDITOR
José Ferreira Gomes (UNIVERSIDADE DO PORTO)

CONSELHO EDITORIAL
José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)
João Lopes dos Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)
Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)
Luís Vítor Duarte (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)
Maria João Ramos (UNIVERSIDADE DO PORTO)
Paulo Fonseca (UNIVERSIDADE DE LISBOA)
Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

PRODUÇÃO E SECRETARIADO
Nuno Machado
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

EM PARCERIA COM

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

JUNHO 2017

V5/02

ÍNDICE

02 AGENDA

03 NOTÍCIAS

EDITORIAL

05 Educação científica e desenvolvimento económico
José Ferreira Gomes

ARTIGOS

07 Hifomicetes aquáticos
Ana Lúcia Gonçalves

10 Plasticidade fenotípica
Neuza Lima *et al.*

15 Minério
Fernando Noronha

18 Cor
Ana Rita Mota

23 Modelo SIR em epidemiologia
João Nuno Tavares

27 Solvente eutéctico profundo
Luís Santos

NOTÍCIAS EDUCATIVAS

29 Loxodrómias e espirais I
José Francisco Rodrigues

PROJETO DE SUCESSO

32 A vida secreta das andorinhas-das-barreiras
Manuel Gonçalves

A VISITAR

35 A galeria da biodiversidade
Nuno Ferrand

AOS OLHOS DA CIÊNCIA

37 Oxigénio ou o teatro da Química
Manuel João Monte

40 Incursão geológica pelo Brasil
Luís Vítor Duarte

45 Moléculas magníficas
Pedro Alexandrino Fernandes, Ana Rita Calixto

IMAGEM EM DESTAQUE

48 Diversidade dos grãos de pólen
Manuel Valente Alves, José Pissarra

21/04 **a 31**/12 (2018)

Exposição “Plantas e Povos”

Está patente no Museu Nacional de História Natural e da Ciência, desde o dia 21 de abril, a exposição “Plantas e Povos”, sobre o uso das plantas por parte do Homem.

MUSEU NACIONAL DE HISTÓRIA NATURA E CIÊNCIA, LISBOA
HTTP://WWW.MUSEUS.ULISBOA.PT/PT-PT/PLANTAS-E-POVOS

27/03 **a 01**/01 (2018)

Os dinossauros invadem a Lourinhã

Desde 27 de março que é possível ver, espalhados pelas ruas da Lourinhã, diversas representações de dinossauros. Os dinossauros ficarão expostos até 1 de Janeiro de 2018, altura em que serão transferidos para o novo Parque dos Dinossauros, ainda em construção.

LOURINHÃ
HTTP://WWW.MUSEULOURINHA.ORG

20/04 **a 31**/12 (2017)

Exposição “Ao encontro de África”

Visite Moçambique e encontre uma seleção de objetos que evidenciam a riqueza cultural e biológica de Moçambique.

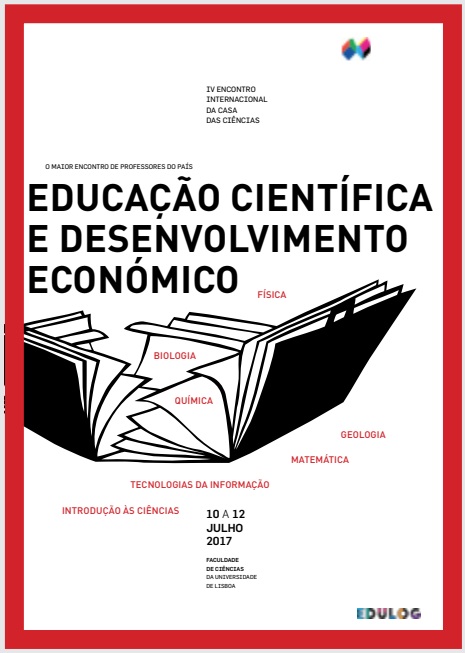
MUSEU DA CIÊNCIA
DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
HTTP://WWW.MUSEUDACIENCIA.ORG/

10/07 **a 12**/07

IV Encontro Internacional da Casa das Ciências

O IV Encontro Internacional da Casa das Ciências realizar-se-á em 2017, na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, entre os dias 10 e 12 de julho. As inscrições estão abertas até 30 de junho. Fique atento ao portal Casa das Ciências e subscreva a nossa newsletter para ficar a par de todas as novidades do encontro.

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA



Banco global de sementes ameaçado! Uma surpresa do aquecimento global

FIGURA 1. Entrada para o Banco Global de Sementes em Svalbard, na Noruega.

Deveria resistir a uma guerra nuclear, mas está ameaçado pelo aquecimento global. O governo norueguês gere o Banco Global de Sementes com a intenção de servir de último recurso, resistindo a qualquer cataclismo natural ou provocado pelo homem. Foi instalado numa antiga mina de carvão de Svalbard nas profundidades de uma montanha numa ilha norueguesa. Tem a maior coleção de sementes de plantas usadas na alimentação. Em 2015, a guerra na Síria levou a que se recorresse a esta reserva para substituir algumas sementes do banco genético de Alepo. Aconteceu agora que temperaturas mais amenas neste inverno provocaram chuva e a fusão dos gelos permanentes. Esta situação levantou dúvidas sobre a durabilidade de uma estrutura que deveria manter-se sem a intervenção humana. O governo norueguês confessa que não contava com esta eventualidade. Felizmente, a água apenas inundou a entrada da instalação e já se iniciaram trabalhos para isolar a área de armazenamento e para canalizar a água das chuvas e da fusão para o exterior. Os gestores sentem a enorme responsabilidade por um depósito que se pretende durar até à eternidade!

Um computador da antiga Grécia Mecanismo de Anticítera explicado

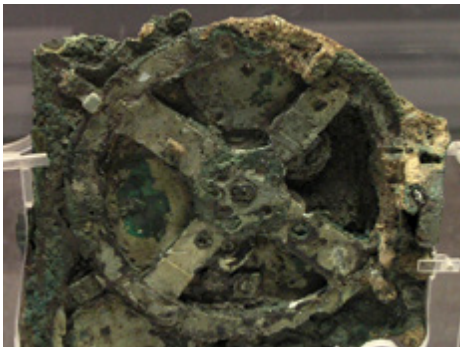


FIGURA 1. Mecanismo de Anticítera (fonte: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NAMA_Machine_d%27Anticyth%C3%A8re_1.jpg*).

Eram conhecidas as referências de Cícero aos mecanismos existentes para prever as fases da lua, os eclipses e até as datas e locais dos jogos na Grécia antiga, mas nenhum desses aparelhos sobreviveu aos acidentes da história e à usura do tempo. Esta tecnologia perdeu-se na antiguidade e algo parecido só apareceu na Europa com os relógios astronómicos do século XIV.

Um achado arqueológico feito em 1900 ao largo da ilha grega de Anticítera e depositado no Museu de Arqueologia de Atenas tem sido estudado ao longo de mais de um século e pode ser identificado muito recentemente como provindo de Rodes e construído muito provavelmente para um cliente do norte da Grécia. Terá ficado no fundo do mar desde o naufrágio do que poderá ter sido um barco carregando o saque trazido por César de Rodes para Roma.

O dispositivo de cerca de 30cm x 15cm x 8cm deve ter sido construído entre 200 e 70 aC e tinha um complexo sistema de cerca de 30 rodas dentadas que podia ser acionado por uma manivela lateral. Em lugar de horas, minutos e segundos, registava o tempo celeste do sol, da lua e dos 5 planetas visíveis. Os eclipses do sol e da lua eram previstos por uma agulha que seguia um sulco em espiral. A tecnologia de análise por raios X oferecia resultados pouco claros e só em 2006 foram publicados estudos por tomografia que revelaram o funcionamento dos mecanismos internos. A matemática do aparelho resultará da conjugação da aritmética da Babilónia com as teorias geométricas dos gregos.

FIGURA 2. Relógio astronómico de Praga (século XIV).

Como dormir numa pata só? Flamingos mantêm a estabilidade com um esforço muscular mínimo

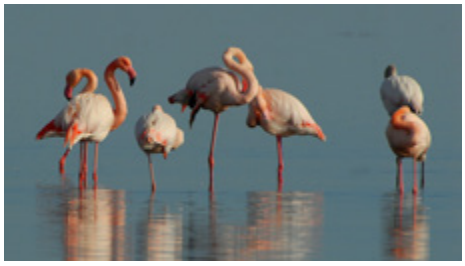


FIGURA 1. Flamingos a dormir sobre uma pata.

Trabalho muito recente mostrou que um flamingo mantém maior estabilidade numa pata quando aparenta estar a dormir do que quando tem os olhos abertos. Isto resulta de pormenores da sua anatomia que lhe permitem manter esta posição com um esforço muscular mínimo. Para isso, o flamingo assume uma posição com o seu centro de gravidade diretamente sobre a perna apoiada e tem oscilações muito pequenas, menores a dormir do que acordado.

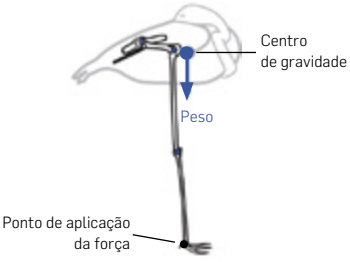


FIGURA 2. Esquema da pata do flamingo enquanto dorme (fonte: *http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/13/5/20160948*).

Educação científica e desenvolvimento económico

O programa de austeridade decorrente do pedido de ajuda financeira à Troika levou o desemprego a subir até ao máximo de 16,2% em 2013 para voltar aos 11,1% em 2016. Simultaneamente, o desemprego jovem (menores de 25 anos) subiu até 38,1% e estava ainda em 28% em 2016. A educação continua a proteger do desemprego (e a garantir maior salário e melhor saúde), mas o efeito parece atenuado.

TAXA DE DESEMPREGO: TOTAL E POR NÍVEL DE ESCOLARIDADE COMPLETO (%)

Anos	Total	Nível de escolaridade			
		Nenhum	Básico	Secundário e pós secundário	Superior
2011	12,7	11,6	13,7	13,4	9,0
2012	15,5	14,4	16,1	17,6	11,6
2013	16,2	17,3	17,0	17,4	12,6
2014	13,9	13,9	15,0	15,3	10,0
2015	12,4	13,2	13,2	13,9	9,2
2016	11,1	13,1	11,8	12,2	8,4

Estes resultados merecem alguma reflexão. Em primeiro lugar, o choque de haver algum desemprego de graduados. Depois, o facto de o diploma do secundário (ou do pós-secundário, CET, Curso de Especialização Tecnológica) já não oferecer a desejada garantia. Independentemente da leitura que queiramos fazer e da dificuldade resultante da falta de dados mais desagregados por tipo de educação-formação, um facto é iniludível: temos um desajuste entre a oferta e a procura de competências.

Portugal atrasou-se imenso na criação de um ensino secundário profissionalizante e ainda hoje há deficiências notórias. A participação é baixa e a qualidade talvez se ressinta de não haver padrões nacionais de avaliação e comparação. A criação do ensino pós-secundário (CET) foi muito lenta e criou alguma ambiguidade quanto ao objetivo final de entrada no mercado de trabalho ou de passagem a licenciatura. Finalmente, só em 2014 foi criado o ciclo curto de ensino superior, TeSP, Técnico Superior Profissional, que está a crescer a muito bom ritmo, mas se ressente de um grande atraso histórico. (Note-se que em Espanha, 35% dos primeiros diplomas de ensino superior são de ciclo curto, contra 40% de licenciatura e 25% de mestrado, segundo o *Education at a Glance*, 2016.)

Todos os peritos apontam a necessidade de o sistema educativo se aproximar da realidade da vida profissional a todos os níveis. Com o ensino obrigatório até aos 18 anos, isto significa uma nova atenção ao perfil de formação profissionalizante da metade dos jovens que não aspira a entrar imediatamente no ensino superior. Este é um enorme desafio para o nosso sistema de ensino básico e secundário que há pouco mais de 10 anos se focava quase exclusivamente num ensino de cariz académico dirigido para o acesso ao ensino superior.

Mas, o desafio no ensino superior não é menor. Os diplomados deixaram já de estar destinados à administração pública e a alguns corpos profissionais autónomos (médicos, engenheiros, etc). Com a massificação do acesso que já se aproxima dos 50% da coorte, as instituições de ensino superior têm de assumir que o futuro dos jovens que recebem nos seus auditórios e laboratórios será, maioritariamente, no setor privado exercendo todo o tipo de atividade. E nem sempre farão uso direto do perfil de formação que seguiram na universidade ou no instituto politécnico. Esta realidade é inelutável e exige da parte das instituições um repensar dos planos de estudos e da experiência educativa proporcionada aos jovens.

Os setores da nossa economia em crescimento mais rápido são o turismo e os serviços informáticos, mas todos reconhecemos que não podemos deixar de insistir em estratégias de crescimento de produção e exportação de bens (ou, numa linguagem mais moderna, de um misto de serviço-produto). A identificação destas áreas mais dinâmicas implica uma resposta atempada do sistema educativo onde a educação científica tem um papel muito importante.

Uma sociedade democrática próspera exige que toda a população esteja preparada para ter um papel ativo na economia e na sociedade; deve ainda ter a capacidade de compreender as grandes opções e assumir as decisões que melhor acautelem o seu futuro no médio e longo prazo. Só uma educação com uma forte componente científica permite atingir estes objetivos. A Casa das Ciências propõe-se reforçar esta cultura que leve a uma melhor compreensão do ambiente que nos rodeia e a uma capacidade de tomar decisões mais informadas. Este é o tema geral do IV Encontro Internacional da Casa das Ciências.

José Ferreira Gomes

Editor da Revista

Hifomicetes aquáticos

Ana Lúcia Gonçalves
CEF-DCV/ Universidade de Coimbra

Hifomicetes aquáticos (HA), fungos microscópicos imperfeitos pertencentes essencialmente aos filos Basidiomycota e Ascomycota, também conhecidos por hifomicetes de água doce ou fungos Ingoldianos, graças ao taxonomista que os isolou, identificou e descreveu, pela primeira vez; trata-se de um grupo polifilético de fungos aquáticos, reconhecidos por terem a capacidade de esporular e de se desenvolver em folhas imersas em decomposição. São típicos de cursos de água turbulenta e bem oxigenada, preferencialmente não poluída, como os ribeiros de montanha.

Os ecossistemas ribeirinhos são *hotspots* de biodiversidade e desempenham um papel fundamental na manutenção do bom estado ecológico de toda a rede fluvial. Em zonas temperadas, estes sistemas são frequentemente ladeados por árvores que, pela sombra das suas copas, inibem a fotossíntese e, portanto, a produção primária. Estes pequenos cursos de água doce tornam-se assim ecossistemas com características heterotróficas, onde a maior parte dos organismos aquáticos dependem direta ou indiretamente da matéria orgânica, sobretudo folhas, fornecidas pelo ambiente terrestre que os ladeia. Os hifomicetes aquáticos são, por excelência, a chave de incorporação da folhada nestas cadeias alimentares "castanhas"; são os principais organismos decompositores que, pela sua presença e atividade, garantem o funcionamento destes ecossistemas.

Os hifomicetes aquáticos decompõem rapidamente as folhas assim que estas entram na água. Graças às suas enzimas extracelulares são capazes de degradar o tecido foliar, nomeadamente os componentes das paredes celulares (e.g., substâncias pécticas, hemicelulose, celulose, lenhina), convertendo-o em substâncias mais simples e passíveis de ser mais facilmente digeridas e assimiladas pelos consumidores primários, nomeadamente pelos detritívoros trituradores. Este grupo funcional de invertebrados integra uma elevada diversidade de organismos, como larvas de insetos e também crustáceos, que servirão de alimento a predadores (também eles macroinvertebrados, peixes, anfíbios ou mesmo aves).

A identificação e taxonomia dos HA é feita normalmente com base na morfologia e desenvolvimento dos seus esporos. Recorre-se, para isso, a métodos tradicionais de recolha, i.e. filtragem da água, recolha de espumas ou folhas em decomposição, e posterior observação microscópica. Até 2007, mais de 600 espécies de HA foram identificadas, descritas e documentadas, reconhecendo-se a ubiquidade destes fungos e a sua preferência por ribeiros de águas bem oxigenadas e turbulentas. Recentemente, técnicas moleculares baseadas no DNA extraído das diferentes espécies de HA têm vindo a ser aplicadas, contribuindo para uma caracterização genética destes organismos e desvendando uma biogeografia ecológica até agora desconhecida.

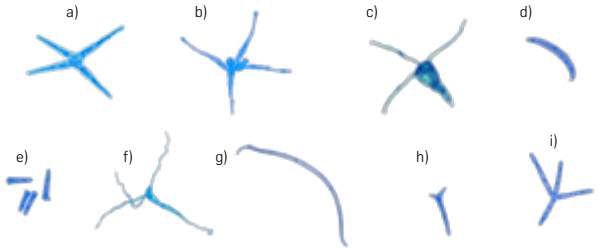


FIGURA 1. Esporos de hifomicetes aquáticos observados ao microscópio óptico usando a ampliação de 250x: a) *Lemoniera terrestris*, b) *Tetracladium marchalianum* de Wild., c) *Clavariopsis aquatica* de Wild., d) *Flagellospora curta* Webster, e) *Heliscus lugdunensis* Sacc. and Thérry, f) *Culicidospora aquatica* R.H. Petersen, g) *Anguillospora filiformis* Greath., h) *Heliscus submersus* H.J. Huds., i) *Articulospora tetracladia* Ingold.

A história dos HA inicia-se com os esporos (também designados por conídios); estes têm a sua origem em estruturas presentes nas extremidades de hifas fúngicas, os conidióforos, e garantem a reprodução assexuada destes fungos. Os esporos (FIGURA 1) apresentam diferentes formas e tamanhos – multirradiados (frequentemente tetrarradiados), sigmoides ou globulosos – e são libertados para a coluna de água. Durante o outono, época em que existe uma maior quantidade de folhas no leito dos ribeiros, podemos encontrar até um máximo de 30 000 esporos/L num curso de água. A "ancoragem" dos esporos nos diferentes substratos orgânicos, principalmente as folhas submersas, é facilitada pela produção de uma mucilagem e a sua germinação ocorre através do crescimento de hifas que avançam na superfície e invadem o mesófilo foliar. Podemos encontrar até 23 espécies de fungos a colonizar uma mesma folha, ao mesmo tempo.

O crescimento do micélio (FIGURA 2) das diferentes espécies de HA que atingem a folha dá início a um processo designado por condicionamento foliar; este consiste essencialmente no aumento da palatabilidade e qualidade nutricional da folhada que ficará disponível para consumo pelos trituradores. Este incremento do valor nutritivo do substrato pode dever-se ao (1) aumento da biomassa fúngica, à (2) imobilização de nutrientes (sobretudo azoto) pelo micélio a partir da água, à (3) degradação enzimática (e.g., pectinases, hemicelulases,

celulases, lenhinases, fenoloxidases) e maceração do tecido foliar e ao (4) enriquecimento da folha com enzimas que os consumidores não possuem no seu sistema digestivo. Estas transformações são determinantes para a incorporação da matéria orgânica nas cadeias alimentares. Sabe-se que os invertebrados detritívoros consomem preferencialmente material foliar completamente condicionado pelos fungos em comparação com material não condicionado, bem como possuem a capacidade de discriminar e dar primazia à ingestão de folhas colonizadas por micélio de certas espécies de HA em detrimento de outras. Esse comportamento alimentar diferenciado pode vir a ter repercussões no ciclo de vida desses animais, em particular na sua capacidade reprodutiva, crescimento e sobrevivência. Logo, atividades humanas (e.g. poluição, alteração da cobertura vegetal) que impliquem alterações na diversidade, biomassa e atividade das comunidades fúngicas associadas às folhas são suscetíveis de afetar o fluxo de energia nos ribeiros e a qualidade da sua água.

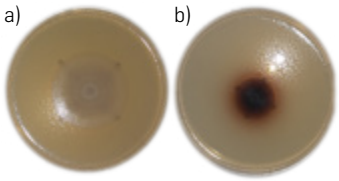


FIGURA 2. Micélio de hifomicetes aquáticos: a) ***Articulospora tetracladia*** e b) ***Heliscus lugdunensis***, a crescer em meio sólido de agar dentro de caixas de Petri.

A decomposição das folhas (promovida por fungos e invertebrados), figura 3, é um processo-chave nestes ribeiros florestados, e é indicadora do seu estado de "saúde" e da qualidade dos serviços que nos prestam. Apesar de desconhecidos da comunidade em geral, o olhar atento da comunidade científica tem vindo a identificar e a descrever uma aparente capacidade que os HA possuem de garantir o funcionamento dos ecossistemas ribeirinhos em situações de stress, frequentemente atenuando e mitigando o efeito das diferentes ameaças antropogénicas. Alguns estudos apontam mesmo um elevado potencial biotecnológico destes microrganismos, indicando-os como candidatos a biorremediadores ambientais dos sistemas aquáticos.

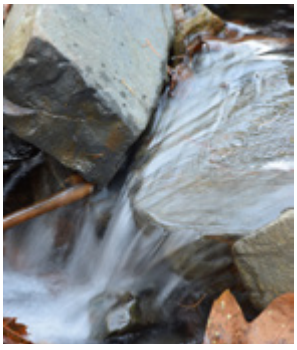


FIGURA 3. Ribeira da Fórnea, Serra da Lousã, Portugal (imagem de Joana Alves).

Plasticidade Fenotípica

Neuza Lima, Gabriel Sodré, Helena Lima,
Selma Paiva, Adriana Lobão, Ana Coutinho
Instituto de Biologia/ Universidade Federal Fluminense, Brasil

A plasticidade fenotípica é definida como a capacidade de um determinado ser vivo apresentar diferentes características em função das condições ambientais.

O Boldo Mirim (*Plectranthus neochilus* Schltr., figura 1) é uma planta que apresenta diferenças fisiológicas e morfológicas quando cultivada em condições ambientais variadas tais como intensidade luminosa, altitude, humidade, tais como variações quanto à expressão da reprodução sexuada, o número de folhas por ramo, à distância dos entrenós, a área foliar e a morfologia externa das folhas. Tais variações são úteis para explicar o conceito de plasticidade fenotípica.

FIGURA 1. Boldo Mirim florindo em Teresópolis (à esquerda); detalhe da inflorescência (à direita).

O genótipo é o conjunto de genes de um indivíduo e o fenótipo é a expressão destes genes em um dado ambiente. Por isso, em diferentes ambientes um dado genótipo pode se expressar como uma variedade de fenótipos, um processo denominado plasticidade fenotípica. Portanto, a plasticidade fenotípica é definida como a capacidade de um determinado ser vivo apresentar diferentes características em função das condições ambientais.

A plasticidade fenotípica ocorre em todos os seres vivos e pode ser restrita ou ampla dependendo das características tanto do genótipo do indivíduo como também dos ambientes onde o indivíduo nasceu, cresceu e/ou se reproduziu. Ela pode ser classificada em quatro categorias e compreendida pelos seguintes exemplos listados no Quadro 1.

Existe uma variedade de exemplos de plasticidade fenotípica que podem ser estudadas quanto à Norma de Reação de um genótipo, ou seja, quando se analisa o que ocorre com os indivíduos possuidores de um mesmo genótipo (geneticamente idênticos) quando estes são reciprocamente transplantados. Indivíduos geneticamente idênticos podem ser oriundos de estacas retiradas da mesma planta, planárias ou bactérias que se originaram por bipartição de um ser original, ou ainda irmãos que são gémeos idênticos, entre outros exemplos.

QUADRO 1. Categorias de plasticidade fenotípica e alguns exemplos envolvendo diferentes seres vivos.

CATEGORIAS	**EXEMPLOS**
Morfológica	Aumento da área foliar de plantas devido à redução da intensidade luminosa, Redução no tamanho do corpo de asas de insetos em função do empobrecimento de fonte alimentar.
Fisiológica	Alteração na produção de substâncias tóxicas por serpentes devido a mudanças nas fontes nutricionais. Alteração na pressão arterial de humanos devido ao consumo de determinadas substâncias.
Comportamental	Aumento na distância a ser percorrida por golfinhos em busca de alimento devido à escassez das presas e/ou presença de seus predadores com os tubarões.
Fenológica	Variação quanto ao período do ano para uma planta florir ou para um bando de aves migrarem para outra área devido a alterações climáticas.

Como demonstra o Quadro 2, a Norma de Reação afere o quanto os indivíduos (genótipos) transplantados entre os ambientes (**A** e **B**) podem se aproximar em termos fenotípicos dos indivíduos que permaneceram em seu ambiente original. Na verdade, a Norma de Reação mede a plasticidade fenotípica sem a variação genotípica.

QUADRO 2. Transplantes Recíprocos de Indivíduos com o mesmo Genótipo.

ESQUEMA EXPERIMENTAL		
Indivíduos que cresciam no Ambiente **A**	→	quando são transferidos para o Ambiente **B** **apresentarão as mesmas características fenotípicas?**
quando são transferidos para o Ambiente **A** **apresentarão as mesmas características fenotípicas?**	←	Indivíduos que cresciam no Ambiente **B**

Um exemplo de plasticidade fenotípica envolvendo características fisiológicas e morfológicas é o caso do Boldo Mirim cujas estacas originárias de uma única planta foram cultivadas em jardins sob diferentes condições de intensidade luminosa, altitude e humidade em duas cidades pertencentes ao Estado do Rio de Janeiro, na região sudeste do Brasil.

A primeira cidade é Teresópolis que está localizada na região serrana, a 871 metros acima do nível do mar, apresentando clima tropical seco, com temperatura com médias que variam entre 14,3°C no inverno e 26,8°C no verão. A segunda cidade é Niterói que está localizada no nível do mar e possui clima tropical húmido, com temperatura média que variam entre 20,2°C no inverno e 28,6°C no verão.

O Boldo Mirim, cientificamente denominado *Plectranthus neochilus* e descrito por Rudolf Schlecthter em 1896, é uma planta da família *Lamiaceae* originária da África, introduzida no Brasil durante o período colonial e que também é cultivada em países da Europa e da Ásia.

No Brasil, essa planta é também conhecida como Boldo Gambá ou Boldo Japonês ou ainda Boldo Pequeno e, assim como em outros países, ela é utilizada como planta ornamental devido ao seu aroma e inflorescência (FIGURA 1) e também como recurso terapêutico de uso popular para o tratamento de disfunções digestivas, hepáticas e respiratórias, através do chá de suas folhas ou aplicação de seu suco no tratamento de problemas cutâneos.

Nos jardins localizados em Teresópolis e em Niterói observamos que as estacas oriundas de uma mesma planta, quando plantadas nessas cidades e cultivadas sob duas condições de intensidade solar, apresentaram variações fenotípicas quanto às características reprodutivas e somáticas.

A reprodução sexuada que envolve produção de inflorescência foi exuberante no jardim sob o sol intenso em Teresópolis (FIGURA 1) e de modo muito discreto no jardim ensolarado em Niterói. Nos jardins sombreados, a reprodução ocorreu somente de modo assexuado, ou seja, somente com crescimento dos ramos e folhas com ausência de produção de inflorescências, provavelmente devido à redução na intensidade solar e também diferenças climáticas.

Em termos somáticos, observamos que: (i) o número de folhas por ramo; (ii) distância entrenós (distância entre as folhas ao longo dos ramos); (iii) área foliar média, foram diferentes tanto entre as condições de insolação como também em relação à condições climáticas das cidades envolvidas, como está representado numericamente no Quadro 3 e demonstrado nas Figuras 2 e 3.

QUADRO 3. Plasticidade do Boldo Mirim em jardins de duas cidades do Brasil, Niterói e Teresópolis. Os valores das folhas foram obtidos de 12 ramos colhidos nos quatro jardins.

Características Fenotípicas Medidas nas Folhas do Boldo Mirim	**JARDINS**			
	Niterói		**Teresópolis**	
	Sol Intenso	**Sombra**	**Sol Intenso**	**Sombra**
Número médio de folhas	28,8	13,7	27,5	15,6
Distância média entrenós (cm)	0,2	2,3	0,2	2,5
Área foliar média (cm2)	13,1	27,0	18,2	38,7

FIGURA 2. Ramos do Boldo Mirim colhidos na área de sombra (esquerda) e área ensolarada (direita) em Teresópolis (à esquerda) e em Niterói (à direita), tendo como referência um paquímetro de 20 cm de comprimento.

Reunindo todos os padrões fenotípicos verificou-se que, com a redução na disponibilidade de luz solar, o Boldo Mirim aumenta a sua área foliar e a distância entrenós para o melhor aproveitamento da luminosidade no processo fotossintético, ao passo que, em condições de insolação plena, essa planta investe menos em área foliar e reduz a distância entre as folhas que ficam praticamente sobrepostas para evitar *stress* por excesso de luz.

FIGURA 3. Detalhes dos ápices de ramos de Boldo Mirim cultivado na área de sombra (à esquerda) e área ensolarada (à direita) em Niterói, tendo como referência um paquímetro graduado em centímetro.

Cabe ressaltar que a plasticidade fenotípica das plantas também pode dificultar a identificação das espécies e levar ao uso terapêutico equivocado. Por exemplo, o consumo de chá ou suco de determinadas plantas medicinais que são reconhecidamente eficazes na fitoterapia podem, quando ingeridos em altas doses, causar um desconforto abdominal e até mesmo aborto e edemas no fígado e nos rins. Esse é o caso da espécie *Plectranthus barbatus* Andrews que apesar da sua reconhecida importância terapêutica deve ser consumida sem exageros. Essa planta também é originária da África e é chamada de Boldo Brasileiro, sendo por vezes confundida com um dos seus parentes, o Boldo Mirim.

Artigo completo em rce.casadasciencias.org/art/2017/017

Minério

Fernando Noronha
ICT/CGUP/ Universidade do Porto

Termo usado para referir um mineral, ou agregado de minerais, rico em determinado elemento químico útil, cuja recuperação seja económica e tecnologicamente viável.

Desde a idade da pedra que o homem utiliza minerais. A seguir à idade da pedra vieram a do bronze e a do ferro. Isto é, desde o início da Humanidade que os minerais são procurados pela sua utilidade, nomeadamente para o fabrico de melhores ferramentas. Nos nossos dias, as propriedades únicas de muitos metais nomeadamente o ferro (Fe), o cobre (Cu), o zinco (Zn), o estanho (Sn) e outros mais raros como o tungsténio (W), o nióbio (Nb) o tântalo (Ta) e os metais de terras raras (La, Nd,...) fazem com que sejam essenciais às sociedades modernas de alta tecnologia. A sociedade moderna está cada vez mais dependente de elementos extraídos da Terra. Nenhum país é autossuficiente em recursos minerais; TIC, mobilidade, energia, máquinas e infraestruturas não podem ser desenvolvidos, mantidos ou inovados sem o uso extensivo de uma vasta gama de metais.

E de onde são extraídos os metais? São extraídos de minerais. Um mineral é uma substância sólida, inorgânica, natural, com estrutura cristalina devida ao arranjo interno dos átomos e com uma composição química bem definida.

Metais úteis, como o Fe, Cu e Sn, são extraídos de minerais metalíferos ou minerais metálicos que os contêm em concentrações elevadas, como por exemplo a hematite (Fe_2O_3), a calcopirite (Cu,Fe)S_2 e a cassiterite (SnO_2). Elementos como o fósforo (P), o carbono (C), o enxofre (S) ou o fluor (F) são produzidos a partir de minerais não metálicos.

No entanto, enquanto que mineral é um conceito científico, o termo minério tem também uma conotação técnica e industrial, pois refere-se a um dado material natural que ocorre em determinada porção da crosta superior, que processos geológicos enriqueceram num ou vários minerais portadores de elemento(s) químico(s) úteis até um ponto que possibilita a exploração tecnológica pelo Homem em termos de viabilidade económica.

Nas formações rochosas da crosta terrestre, uma concentração anormal de substâncias minerais úteis, quando comparada com os valores médios das suas ocorrências na crosta, designa-se por depósito mineral.

Um depósito mineral resulta de um encadeamento feliz de vários processos geológicos diferenciadores que ocorrem, em geral, na crosta terrestre e que conduziram ao aumento da concentração do elemento útil (quantidade do elemento por unidade de peso, em geral grama por tonelada ou ppm). Um depósito mineral de um dado elemento representa, assim, uma concentração geoquímica anómala, em referência ao teor médio da crosta ou "clarke" que, por exemplo, para o ferro é 58000ppm (5,8%), 1ppm para o volfrâmio e 2ppb (0,002 ppm) para o ouro.

FIGURA 1. Filão do jazigo de volfrâmio da Panasqueira. Parte do filão em que pode ver-se quartzo (mineral branco), volframite (mineral preto), moscovite (mineral prateado brilhante) e pirite (mineral amarelado). Só a volframite é o mineral rico em W.

Porém, nem todos os depósitos minerais suportam uma exploração industrial. Quando as concentrações e as acumulações anormais de substâncias minerais úteis num dado depósito mineral permitem a explorabilidade económica os depósitos minerais passam a designar-se por jazigos minerais.

Só falamos em minério quando o valor de uma tonelada é maior que o custo de extração e tratamento dessa tonelada. O valor é fixado pelas cotações do mercado mundial e estas são fixadas, entre outros, pela "Lei da procura e da oferta" e pela raridade do minério (por exemplo um minério de ferro é menos raro que um minério de volfrâmio). O custo da tonelada é a resultante de uma sucessão de operações, que têm todas um custo que tem mais ou menos peso no custo final. Tem de considerar-se a pesquisa e o reconhecimento do depósito, a própria exploração mineira e o tratamento ou processamento do "tal e qual" para separar os minerais úteis da ganga. A exploração é menos cara se for realizada a céu-aberto e não em mina subterrânea.

O minério à boca da mina, tecnicamente designado por "tal e qual", tem de ter um teor, (quantidade do elemento a explorar por unidade de peso) mais enriquecido pela natureza, quanto mais raro for o elemento. Por exemplo, para que haja um jazigo de ferro é necessário que o teor do "tal e qual" seja 5 a 10x maior que o do "clarke" (fator de enriquecimento 5x a 10x), enquanto que para o volfrâmio é de 1300x e para o ouro cerca de 4000x. Por outro lado, a explorabilidade económica de um determinado minério exige também que a dimensão do jazigo (em geral expressa em milhões de toneladas) seja tanto maior quanto menor for a concentração do metal.

O tempo de vida de muitos produtos feitos com metais é longo e em muitas aplicações os metais podem ser reciclados. Nestes casos, uma vez produzidos e descartados, os metais permanecem disponíveis para futuras gerações. Sociedades sustentáveis criarão mecanismos eficazes para a sua reciclagem reduzindo a crescente necessidade de os produzir a partir de minérios, ou seja, fontes primárias. Por exemplo o fornecimento de ferro e cobre reciclados desempenha e desempenharão um papel importante e crescente na conservação do fornecimento de minérios, reduzindo o consumo de energia e diminuindo o custo de eliminação de resíduos. Contudo, não é ainda fácil reciclar muitos dos metais e face ao estado atual dos conhecimentos não se pode esperar uma rápida melhoria na reciclagem de alguns metais. Os metais reciclados representam apenas cerca de um terço das necessidades atuais destes metais. A exploração mineira torna-se assim imprescindível dada a crescente procura de metais.

Porém, apesar de existir maior ou menor dificuldade na obtenção de minérios, há muitas pessoas que não fazem ideia do seu grande grau de dependência relativamente a eles, mas na realidade sem um fornecimento sustentado de minerais a nossa civilização não poderá sobreviver. Os recursos são limitados e têm uma distribuição desigual no Mundo. No caso concreto da União Europeia, a dependência média é de cerca de 75% atingindo os 100% para certos produtos.

Cor

Ana Rita Mota

CFP/ Universidade do Porto

A cor de um objeto é um atributo da maneira como o vemos, dependente das características físicas do objeto, das condições de iluminação e da estrutura do nosso sistema visual. Assim, a cor não é uma característica própria do objeto e a sua explicação baseia-se num processo de mistura subtrativa. Se misturarmos luzes (corpos luminosos), a cor percepcionada resulta de um processo de mistura aditiva. Estes dois processos complementam-se, explicando o fenómeno da cor num referencial teórico único.

Por que motivo se misturarmos luz vermelha com luz verde, temos luz amarela, mas tinta vermelha com tinta verde dá uma tonalidade castanha? E por que motivo uma banana (amarela à luz natural) fica preta quando iluminada de luz azul?

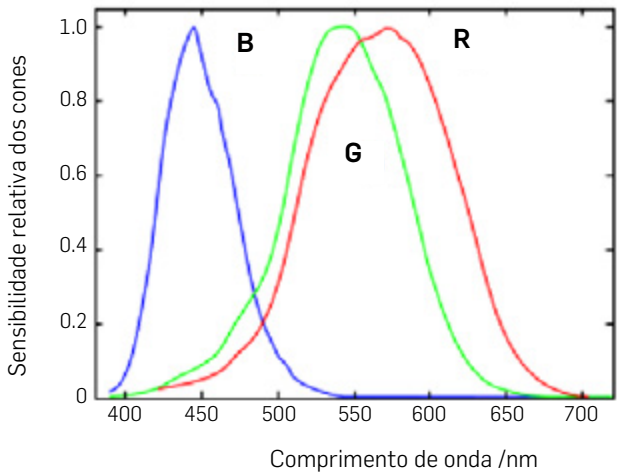


FIGURA 1. Sensibilidade relativa dos três tipos de cones (um dos tipos de células da retina especializadas na fotoreceção): "R" (red), "B" (blue) e "G" (green) à luz visível.

A percepção da cor é um fenómeno complexo, cuja explicação envolve processos físicos, fisiológicos e psicológicos. Numa primeira abordagem, mais simplista, a cor está relacionada com as características espectrais da radiação eletromagnética que chega à retina. A retina é constituída por milhares de células sensíveis à radiação visível – cones, que podem ser agrupados em três tipos, dependendo do tipo de radicação à qual são mais sensíveis, como podemos ver na figura 1.

Os três tipos de cones são sensíveis a uma determinada faixa de comprimentos de onda do espetro luminoso, mas mais intensamente aos picos situados a 445 nm (azul-violeta), 535 nm (verde) e 575 nm (laranja/vermelho). Assim, os cones "R" (red) absorvem a luz em torno de 575 nm de comprimento de onda, os cones "G" (green) em torno de 535 nm e, por fim, os cones "B" (blue) em torno de 445 nm. Cada um desses cones absorve luz noutros comprimentos de onda, mas em menor taxa.

Por comodidade, resolveu identificar-se estes cones como "G", "B" e "R", respetivamente, "VERDE", "AZUL" e "VERMELHO", pelo máximo de estimulação coincidir com os comprimentos de onda "VERDE", "AZUL" e "VERMELHO, mas a resposta dos cones a esta sensibilidade espectral depende não só dos comprimentos de onda, mas também da intensidade. Quando a luz visível ativa apenas um destes tipos de cones, temos a perceção de "VERDE", "AZUL" ou "VERMELHO", dependendo do tipo de cone estimulado. Por esta razão, estas cores são chamadas de cores primárias.

A sensibilidade destes cones à luz é diferente. Por exemplo, os cones "VERDES" são mais sensíveis do que os azuis, pelo que precisamos de menos luz para identificar o verde (em relação ao azul).

A variedade de cores que percepcionamos não é mais do que a combinação da diferente estimulação destes três tipos de cones. Se a retina tivesse um sistema de deteção com 6 tipos de categorias, teríamos seis cores primárias e a cor percepcionada seria o resultado de seis sinais. Desta forma, a cor percepcionada pode ser definida num espaço tridimensional de VERMELHO (RED), VERDE (GREEN) e AZUL (BLUE), o conhecido sistema RGB.

A abordagem anteriormente descrita é designada teoria de Young – Helmholtz. Apesar das suas limitações, ela é largamente usada pela comunidade científica, porque explica de uma maneira simplificada as principais características do processo de percepção da cor e permite prever com facilidade a cor percepcionada em vários contextos de iluminação.

Com pouca intensidade, os cones não são estimulados. Na retina, também existem os bastonetes (responsáveis pela visão noturna), que apenas detetam tons de cinza. Por esse motivo, "à noite todos os gatos são pardos" , isto é, no escuro todos os corpos parecem iguais e com uma cor acizentada porque a baixas intensidades luminosas, o nosso sistema visual não permite percepcionar a cor.

De que depende, afinal, a cor de um objeto?

Os objetos, iluminados por luz visível, absorvem parte da luz que sobre eles incide e refletem ou transmitem (no caso de serem transparentes) a restante. Assim, nós vemos os objetos opacos porque eles refletem parte da luz visível que sobre eles incide. Já os objetos parcialmente transparentes são visíveis pela luz que transmitem . A cor percepcionada vai depender da luz que recebemos, isto é, da luz visível refletida ou transmitida que chega aos nossos cones.

Para compreendermos a cor percepcionada, comecemos por colocar os possíveis valores de VERMELHO (RED), VERDE (GREEN) e AZUL (BLUE) como "0" (significando ausência) ou "1" (significando presença), à exceção do cinzento, como veremos à frente. O preto é ausência de cor (r = 0, g = 0, b = 0) e o branco resulta dos três tipos de cones terem estimulação máxima (r = 1, g = 1, b = 1).

Naturalmente que com este modelo estamos restritos a uma palete de cores muito reduzida. Esta limitação é ultrapassada se considerarmos todos os valores entre 0 e 1, isto é, se quisermos incluir todas as cores, teremos que considerar a escala contínua entre 0 e 1 do sistema RGB. Por exemplo, se r = 0,5, g = 0,5 e b = 1,0, teremos a cor que está a ser lida neste momento pelo leitor (um belo lilás).

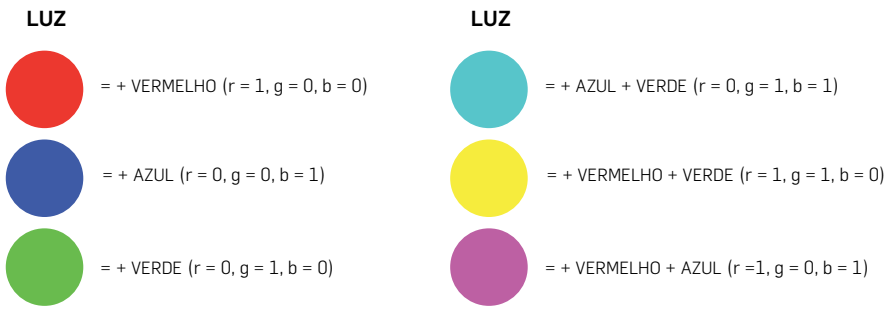


FIGURA 2. As cores primárias são obtidas quando apenas um dos cones é estimulado. As cores secundárias são obtidas quando apenas dois tipos de cones são estimulados, com intensidade máxima.

A figura 2 mostra a cor percepcionada quando apenas um dos cones (vermelho, verde ou azul) é estimulado. As cores secundárias (ciano, amarelo e magenta) resultam da estimulação de dois tipos de cones, com intensidade máxima.

Como já referimos, o preto é ausência de cor, ou seja, ausência de estimulação de qualquer tipo de cone. O branco resulta da estimulação máxima dos três tipos de cones. Se os três tipos de cones tiverem igual estimulação (mas inferior a "100 %"), temos os diferentes tipos de cinzento, tal como podemos observar na figura 3.

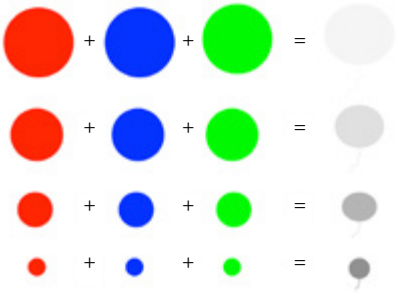


FIGURA 3. O preto e branco são cores? A cor resulta das diferentes estimulações dos três tipos de cones, logo o preto, o cinzento e o branco não são cores! Todo o *dégradé* de cinzento resulta da mesma estimulação dos três tipos de cones. Quanto mais escuro for o tom de cinzento, menor é a estimulação dos cones.

Os objetos/corpos do nosso dia-a-dia não emitem luz visível, podendo apenas absorver e refletir a luz incidente. Neste caso podemos usar o sinal "menos" (-) para indicar que a luz foi absorvida (subtraída). Desta forma, um filtro amarelo (aquele que é percepcionado amarelo quando iluminado com luz visível) absorve azul (– AZUL), já um filtro azul absorve verde e vermelho (– VERDE – VERMELHO), como podemos observar na figura 4.

FIGURA 4. Devido à temperatura relativamente baixa a que se encontram, os corpos iluminados só têm emissão significativa no infravermelho, absorvendo luz visível.

Uma outra forma de ver este sistema é através da figura 5, um cubo para explicar a cor no espaço 3D. As cores primárias estão representadas nos vértices coincidentes com os eixos principais. O preto encontra-se na origem do eixo (r = 0, g = 0, b = 0) e o branco no vértice superior direito (r = 1, g = 1, b = 1). Toda a gama de cinzentos encontra-se na linha a tracejado desde o vértice preto até ao vértice branco. As cores secundárias também se encontram representadas neste cubo. Por exemplo, o ciano (r = 0, g = 1, b = 1) encontra-se a meia distância dos vértices azul e verde. Os deslocamentos dentro do cubo dão-nos todas as cores que pretendemos.

Com estas informações, podemos construir equações simples, atribuindo o sinal mais (+) quando os objetos são luminosos (isto é, emitem luz visível) e o sinal menos (-) quando os objetos são iluminados, como é o caso dos filtros. Nestas equações, apenas cores primárias são usadas, tal como no caso do sistema ótico humano.

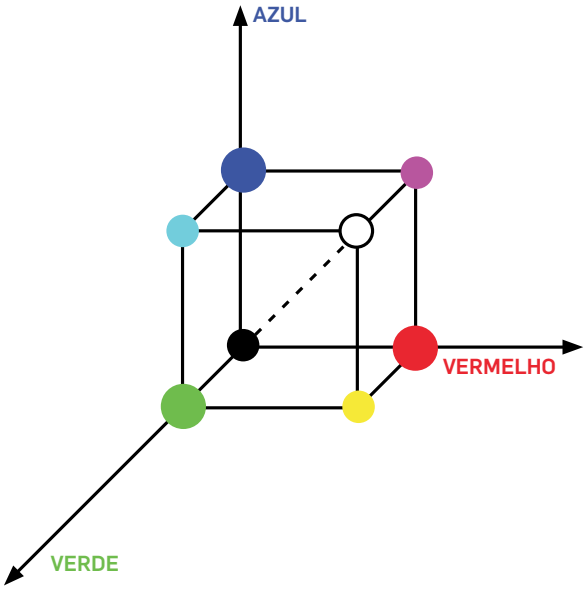


FIGURA 5. Com este cubo, nos principais vértices temos a representação das cores primárias e secundárias. A linha a tracejado representa todo o *dégradé* do cinzento.

Artigo completo em rce.casadasciencias.org/art/2017/019

Modelo SIR em epidemiologia

João Nuno Tavares
CMUP/ Universidade do Porto

Neste pequeno texto, procura-se ilustrar, através de um modelo simples (SIR), como a Matemática pode ser útil na previsão da evolução de uma epidemia e na tomada de decisão sobre estratégias de combate à sua propagação (vacinação, quarentenas, etc.).

Ao longo dos séculos, tem havido muitos exemplos de epidemias de várias doenças com efeitos dramáticos na população humana (e não só). Uma das mais conhecidas é a Peste Negra na Europa no século XIV, que dizimou entre 25 a 75 milhões de pessoas (cerca de um terço da população europeia da altura!). Nos tempos coloniais, a propagação de doenças europeias, tais como o sarampo e a varíola, teve um impacto desastroso sobre certas populações indígenas que não tinham desenvolvido resistência a essas doenças.

Hoje em dia, existem ainda exemplos trágicos – a SIDA, o vírus Ébola, o ZIKA e muitos outros. Se conseguirmos compreender como uma doença se propaga numa determinada população, então estaremos melhor equipados para a conter, através de vacinação ou quarentena.

A Matemática tem-se revelado como um instrumento muito útil na modelação da evolução temporal de epidemias. Um dos modelos mais simples é o chamado **Modelo SIR**. Neste texto introdutório, vamos descrever sucintamente em que consiste este modelo, aplicado à propagação de uma epidemia de gripe, para sermos mais concretos. Qualquer modelo matemático baseia-se em hipóteses simplificadoras. Como dizia um célelebre Estatístico, todos os modelos são falsos, mas alguns são muito úteis, para interpretar e controlar fenómenos. No caso presente, o Modelo SIR, e outros bem mais sofisticados, têm sido auxiliares preciosos para desenhar políticas de combate à doença, através de vacinação, quarentenas, etc.

O modelo SIR começa por dividir a população em 3 grupos: **S** de **S**uscetíveis – os que podem apanhar gripe, mas que atualmente não estão infetados; **I** de **Infetados** – os que estão infetados com gripe e podem contagiá-la a outros; e **R** de **R**emovidos – os que não podem apanhar gripe, ou porque recuperaram permanentemente e ficaram imunes (pelo menos durante o período em análise), ou porque são naturalmente imunes ou porque morreram!

Usamos tempo discreto, $t_0, t_1, t_2, t_3, \cdots, t_n, t_{n+1}, \cdots$, para não complicarmos demasiado a análise. O intervalo entre dois períodos consecutivos $t = t_{n+1} - t_n$, $n = 0, 1, 2, 3, \cdots$ supõe-se constante – é medido numa unidade de tempo apropriada (hora, dia, semana, ano, etc., conforme o contexto). Seja $t \in \{t_0, t_1, t_2, t_3, \cdots\}$ um qualquer dos instantes acima referidos, e representemos por $S(t)$, $I(t)$ e $R(t)$ o número de indivíduos, no instante t, em cada um dos grupos S, I e R, respectivamente.
Supomos que

$$S(t) + I(t) + R(t) \equiv N \text{ (constante)}$$

para todo o $t \in \{t_0, t_1, t_2, t_3, \cdots\}$. Em geral pomos $t_0 = 0$. Consideremos agora um intervalo de tempo $[t, t + \Delta t]$, onde $t \in \{t_0, t_1, t_2, t_3, \cdots\}$, e representemos por $\Delta S(t) = S(t + \Delta t) - S(t)$; $\Delta I(t) = I(t + \Delta t) - I(t)$ e $\Delta R(t) = R(t + \Delta t) - R(t)$, a variação do número de susceptíveis, do número de infetados e de recuperados, respetivamente, no intervalo $[t, t + \Delta t]$. É claro que

$$\Delta S(t) = -\left\{\begin{array}{c}\text{Número de suscetíveis}\\ \text{infetados no intervalo } [t, t + \Delta t]\end{array}\right\}$$

$$\Delta I(t) = -\left\{\begin{array}{c}\text{Número de susceptíveis}\\ \text{infetados no intervalo } [t, t + \Delta t]\end{array}\right\} - \left\{\begin{array}{c}\text{Número de infetados}\\ \text{recuperados no intervalo } [t, t + \Delta t]\end{array}\right\}$$

$$\Delta R(t) = -\left\{\begin{array}{c}\text{Número de infetados}\\ \text{recuperados no intervalo } [t, t + \Delta t]\end{array}\right\}$$

Vamos calcular em primeiro lugar o $\left\{\begin{array}{c}\text{Número de infetados}\\ \text{recuperados no intervalo } [t, t + \Delta t]\end{array}\right\}$. Este número não deve depender do número de indivíduos suscetíveis S(t), mas apenas do número de infetados I(t). No nosso modelo, assumimos que esse número (de infetados recuperados) é directamente proporcional ao número de infetados I(t) e também à duração do intervalo de tempo Δt. Escrevemos pois

$$\left\{\begin{array}{c}\text{Número de infetados}\\ \text{recuperados no intervalo } [t, t + \Delta t]\end{array}\right\} = \gamma I(t)\Delta t$$

onde γ é uma constante positiva de proporcionalidade, chamada **taxa de recuperação** ou **taxa de remoção**. γ é uma taxa *per-capita* e por unidade de tempo. O seu recíproco, $1/\gamma$, pode ser identificado como o tempo de residência no compartimento infeccioso, isto é, o tempo médio em que um indivíduo é infecioso. Para a gripe, o período infecioso é tipicamente de 1 a 3 dias. Se o considerarmos igual a 2 dias, por exemplo, isto significa que a taxa de recuperação é $\gamma = 1/2$ (por indivíduo e por dia) e portanto num dia metade dos infetados recuperam – passam para o compartimento R.

Vamos agora calcular $\left\{ \begin{matrix} \text{Número de suscetíveis} \\ \text{infetados no intervalo } [t,\, t+\Delta t] \end{matrix} \right\}$. Para modelar este número, podemos pensar da seguinte forma – é claro que o número de indivíduos infetados aumenta quando suscetíveis contraem a doença por contágio (que envolve algum tipo de contacto entre um suscetíivel e um infetado).

Suponhamos que cada indivíduo contacta, por unidade de tempo, em média com c outros, escolhidos aleatoriamente. c diz-se a **taxa de contacto per-capita e por unidade de tempo**. c supõe-se constante (uma hipótese muito questionável!).

A doença é transmitida apenas quando uma pessoa infeciosa contacta com um suscetível. Se a população total é constituída por N pessoas, a probabilidade de que alguém encontre um suscetível é igual a $S(t)/N$, e portanto, uma pessoa infeciosa tem (em média) contacto com $cS(t)/N$ susceptíveis, por unidade de tempo. Se p é a probabilidade de que um contacto resulte em contágio e, uma vez que existem $I(t)$ indivíduos infetados no total, isso significa que o número de novas infeções, no intervalo de tempo $[t,\, t+\Delta t]$, é $cpS(t)$ $I(t)/N)\Delta t$ e podemos escrever

$$\left\{ \begin{matrix} \text{Número de suscetíveis} \\ \text{infetados no intervalo } [t,\, t+\Delta t] \end{matrix} \right\} = \beta \, \frac{S(t)\; I(t)}{N} \Delta t$$

onde pusemos $\beta = cp$. A constante β é chamada o coeficiente de transmissão e tem unidades tempo^{-1}.

Reunindo todas estas informações, obtemos as equações seguintes para as variações do número de suscetíveis, infetados e recuperados no intervalo $[t,\, t+\Delta t]$

$$\Delta S(t) = \beta \, \frac{S(t)\; I(t)}{N} \Delta t$$

$$\Delta I(t) = \left[\beta \, \frac{S(t)\; I(t)}{N} - \gamma I(t) \right] \Delta t$$

$$\Delta R(t) = -\gamma I(t)\; \Delta t$$

Esta discussão pode ser resumida e visualidada no diagrama de fluxo da Figura 1, cuja explicação deixamos à imaginação do leitor.

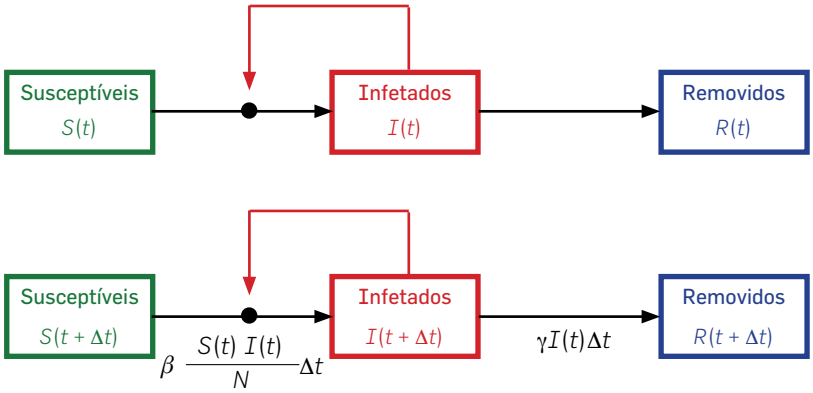


FIGURA 1. Diagrama de fluxo do modelo SIR.

Se o leitor ficou curioso sobre este modelo, se quiser saber mais detalhes e sobretudo como o modelo pode ajudar a definir estratégias de vacinação, por favor consulte o texto completo disponível em *http://rce.casadasciencias.org/art/2017/020*. Lá poderá ver ainda alguns exemplos concretos.

Artigo completo em rce.casadasciencias.org/art/2017/020

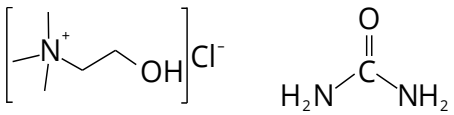
Solvente eutéctico profundo

Luís M. N. B. F. Santos

CIQUP/ Universidade do Porto

Os chamados solventes eutécticos profundos, DES – 'Deep Eutectic Solvents' –, são soluções líquidas (com uma baixa temperatura de fusão) em que a diminuição da temperatura de fusão na composição eutéctica resulta de um forte desvio à idealidade da mistura líquida, como consequência da interação ácido-base entre os seus constituintes que leva a uma estabilização significativa da fase líquida relativamente aos líquidos puros e às suas fases sólidas.

Estes sistemas são formados a partir de misturas de ácidos e bases de Lewis ou Brønsted que podem conduzir à formação de uma variedade de espécies aniónicas e/ou catiónicas, que são classificados como solventes iónicos com propriedades especiais. Incorporam dois ou mais compostos numa mistura que formam um eutéctico com um ponto de fusão muito menor do que qualquer um dos componentes individuais. O eutéctico profundo conhecido é o que se observa na mistura de cloreto de colina e ureia na razão molar de 1 para 2 (FIGURA 1). A mistura resultante tem um ponto de fusão de 12 °C (muito inferior ao ponto de fusão da colina, 302 °C e da ureia, 133 °C), que o torna líquido à temperatura ambiente.



Cloreto de colina (1) Ureia (2)

FIGURA 1. Representação das fórmulas estruturais do cloreto de colina (1) e ureia (2) que formam um eutéctico profundo quando numa mistura na razão molar de 1:2. (X_{Ureia} =2/3).

Os solventes eutécticos profundos de primeira geração basearam-se em misturas de sais de amónio quaternário com dadores de ligação de hidrogénio tais como aminas e ácidos carboxílicos. Existem quatro tipos:

Tipo I	sal de amónio quaternário + cloreto metálico
Tipo II	sal de amónio quaternário + cloreto de metal hidratado
Tipo III	sal de amónio quaternário + dador de ligação de hidrogénio
Tipo IV	cloreto de metal hidratado + dador de ligação de hidrogénio

Na figura 2, são apresentados os diagramas de fase de misturas de dois componentes, A e B. O eixo horizontal representa a composição da mistura e o eixo vertical a temperatura de equilíbrio para as diferentes composições no diagrama. Quando a diminuição da temperatura eutéctica é muito acentuada, como está representada no diagrama, encontramo-nos perante um sistema de eutéctico profundo.

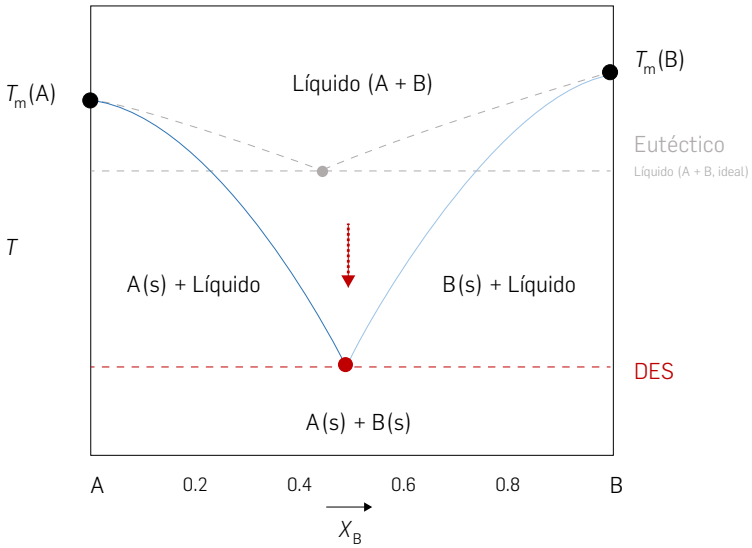


FIGURA2. Diagrama de fases típico e comparativo de um sistema eutéctico resultante da mistura líquida ideal e de um eutéctico profundo (DE).

Tomando como exemplo a mistura de cloreto de colina e ureia, quando misturados na proporção eutéctica (proporção molar de 1 de cloreto de colina para 2 de ureia), a mistura apresenta uma temperatura eutéctica várias dezenas de graus abaixo do previsto no diagrama com eutéctico resultante da mistura líquida ideal (tal como esquematizado na figura 2). A ureia (aceitador em pontes de hidrogénio) interatua na fase líquida com o cloreto de colina (sal de tetraalquilamónio, dador em ligações de hidrogénio), conduzindo a uma significativa estabilização da solução, levando a uma grande diminuição da temperatura de fusão da mistura em relação às dos componentes sólidos e à temperatura da mistura eutéctica do eutéctico hipotético resultante da mistura líquida ideal.

Loxodrómias e Espirais – I

José Francisco Rodrigues
CMAF_IO/ Universidade de Lisboa

Na época dos descobrimentos, a expansão europeia e as navegações oceânicas suscitaram novas questões científicas que colocaram aos matemáticos novos problemas geométricos, em particular na navegação, na cartografia e na astronomia. Um dos problemas mais interessantes resultou da necessidade de compreender as linhas de rumo, mais tarde também chamadas linhas loxodrómicas ou loxodrómias.

FIGURA 1. Frontispício da edição de 1537 de "*O tratado da sphera*" de Pedro Nunes.

O primeiro cientista a referir essas curvas sobre o globo e a deduzir a sua forma em espiral que se aproximam dos polos, sem nunca os atingir, foi Pedro Nunes (1502-1578) no "*Tratado em defesa da carta de marear*", que integra o seu "*Tratado da Sphera*" redigido em português e publicado em Lisboa em 1537.

Até quase meados do século XVI, a diferença entre navegar com o leme fixo e segundo um rumo constante não era evidente para os marinheiros, facto que levantou dúvidas e erros na navegação oceânica. O matemático e cosmógrafo Pedro Nunes foi o primeiro a identificar e escrever sobre as linhas de rumo que resultam de manter a navegação com o azimute constante, ou seja, fazendo sempre o mesmo ângulo com o Norte geográfico. Nunes distinguiu claramente essas linhas dos círculos máximos, ou ortodrómias, que são as rotas descritas na navegação sem alteração de direção, ou seja, "a direito" sobre a esfera. Assim, enquanto que a loxodrómia é uma linha que cruza todos os meridianos segundo um ângulo — o azimute — constante, a ortodrómia descreve a distância mais curta entre dois pontos numa superfície esférica e é, portanto, a uma linha geodésica sobre o globo. Estas curvas apenas coincidem no caso limite de azimute a 0° , quando são meridianos. Nos casos dos rumos com azimute a 90° as loxodrómias correspondem aos paralelos, exceto o equador que também é uma ortodrómia.

» Loxodrómias e Ortodrómias

Na época dos Descobrimentos, a diferença entre navegar segundo um rumo constante e com o leme fixo não era evidente para os marinheiros. O matemático e cosmógrafo Pedro Nunes foi o primeiro a escrever sobre as linhas de rumo (as modernas loxodrómias) e círculos máximos (ortodrómias) no seu "Tratado sobre certas duuidas de nauegação", publicado em 1537, em Lisboa. Enquanto que a loxodrómia é uma linha que cruza todos os meridianos segundo um ângulo (azimute) constante, a ortodrómia descreve a distância mais curta entre dois pontos numa superfície esférica.

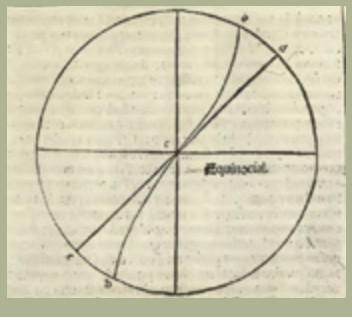


FIGURA 2. Loxodrómia em representação ortogonal na gravura do "***Tratado da Sphera***" e no "***loxo***".

Através da aplicação interativa LOXODRÓMIAS E ESPIRAIS, ***Loxo*** (*http://formas-formulas.fc.ul.pt/interactive/loxo/pt/index_pt.html*), podemos traçar virtualmente linhas de rumo na superfície esférica da Terra, escolhendo um azimute partindo de Lisboa ou comparando as rotas entre duas cidades, escolhidas numa lista, ou entre dois quaisquer pontos no globo a partir das suas latitudes e longitudes.

A aplicação *Loxo* através de um cursor permite selecionar um azimute e produzir loxodrómias como a da figura 3, que corresponde a um ângulo de 76° com o polo Norte e passa por Lisboa. Também permite, como por exemplo na figura 4, verificar que um avião que voe entre Lisboa e Macau seguindo uma linha de rumo percorre mais 852 Km, num total de 11862Km, do que se seguir o trajeto mínimo do círculo máximo que liga as duas cidades.

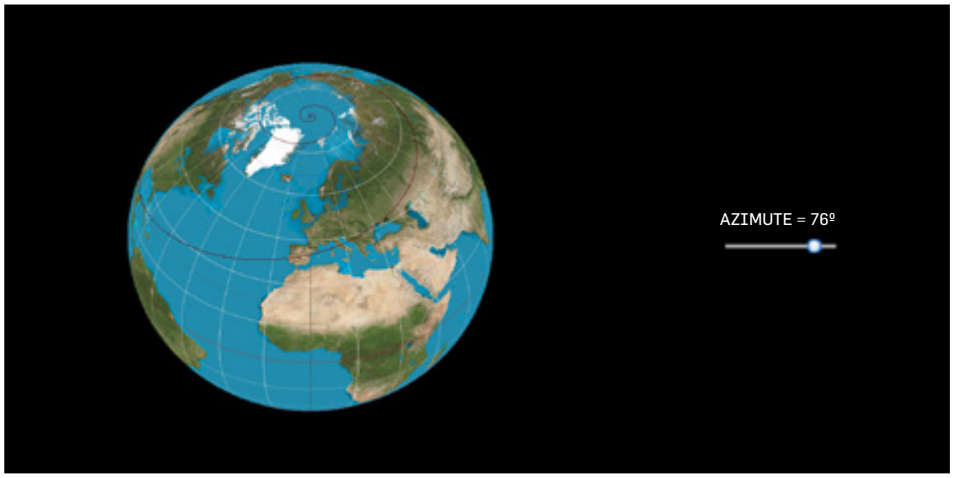


FIGURA 3. Loxodrómia com azimute de 76° a partir de Lisboa.

A primeira versão da *Loxo* esteve exposta numa exposição promovida pela Sociedade Europeia de Matemática na UNESCO em Paris, em abril de 2013, por ocasião do ano dedicado à Matemática do Planeta Terra e resultou de uma iniciativa do Centro de Matemática e Aplicações Fundamentais da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. A atual versão está disponível em *http://formas-formulas.fc.ul.pt/interactive/loxo/pt/index_pt.html*.

FIGURA 4. Comparação dos trajetos, Ortodrómia com Loxodrómia, entre Lisboa e Macau, duas das possíveis escolhas.

A vida secreta das Andorinhas--das-barreiras

Manuel Gonçalves

Agrupamento de Escolas D. Afonso Henriques, Vila das Aves

O projeto surgiu no âmbito da disciplina de Biologia de 12º ano incluído na unidade programática "Preservar e Recuperar o Meio Ambiente". Pretende-se desenvolver uma atividade prática de estudo de um caso de intervenção do Homem no ecossistema. Os muros do parque de estacionamento da escola, embora um ambiente artificializado, têm sido o local escolhido por Andorinhas-das-barreiras para nidificarem e habitarem nos meses primaveris, nos tubos de drenagem das águas pluviais. Assim, propõe-se neste projeto montar um "posto de observação", com o intuito de caracterizar a espécie, o efetivo populacional, a sua relação com o ecossistema e o processo de nidificação.

As aves desempenham importantes funções nos ecossistemas e contribuem ativamente para o equilíbrio ambiental. Por um lado, interagem com a vegetação, nos processos de polinização e dispersão de inúmeras plantas. Por outro lado, em resultado de uma dieta baseada no consumo de invertebrados, controlam as populações de insetos e outros pequenos animais que poderiam tornar-se muito abundantes e desequilibrar o ambiente.

Após a construção da escola, o muro do parque de estacionamento foi adotado por estas aves para nidificarem utilizando os tubos de drenagem de águas pluviais (FIGURA 1). Estes são utilizados como local de permanência durante os meses de março e setembro.

Com este projeto pretende-se identificar a espécie que aqui nidifica, o tamanho da colónia (número de membros efetivos), bem como os seus hábitos, dieta alimentar e importância no controlo das populações de insetos, isto é, a sua ação no equilíbrio do ecossistema. Pretende-se também construir ninhos artificiais, numa tentativa de promover o aumento da colónia, ultrapassando a limitação de pontos de nidificação para os novos elementos da colónia.

FIGURA 1. Locais de nidificação no muro da escola.

Na realização deste projeto, pretende-se instalar câmaras de captura de imagem no local de nidificação, uma num "ninho" já existente e outra num novo ninho construído para o efeito (FIGURA 2), a fim de estudarmos a constituição da colónia estabelecida. A câmara implementada no novo ninho, permitir-nos-á, igualmente, verificar se a população local aceita estes ninhos. As câmaras estarão permanentemente ligadas a um sistema de armazenamento de imagens a fim de que seja possível uma recolha de dados com a menor interferência com as aves. A instalação das câmaras também vai permitir visualizar em direto a ocupação dos ninhos. Serão difundidas as imagens capturadas em direto em plataforma online-blog, criado para o efeito nas aulas de aplicações informáticas, que permitirá a monitorização e visualização em tempo real do que ocorre nos ninhos por todos os intervenientes no projeto.

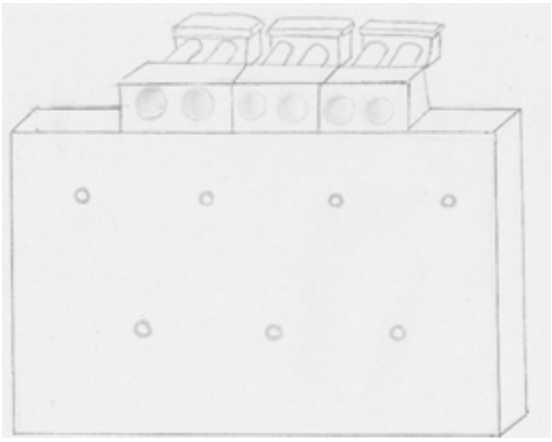


FIGURA 2. Esquema dos novos locais de nidificação.

Foram criados grupos de trabalho, com responsabilidades diferentes, que visam desenvolver as atividades pretendidas, tais como:

- Monitorizar a população/colónia de andorinhas que nidifica na escola durante a sua permanência sazonal;
- Construir ninhos artificiais antes da chegada da população/colónia de andorinhas;
- Instalar câmaras de captura de imagem, uma num ninho antigo e outro num ninho novo construído para o efeito;
- Criar um blog onde se divulgará todo o desenvolvimento do projeto;
- Captar imagens da ocupação dos ninhos durante a nidificação e difundi-las através do blog em direto;
- Divulgar o projeto e cativar a população escolar para o seu acompanhamento através do blog;
- Realizar uma apresentação da execução e resultados obtidos com o projeto, na biblioteca da escola, no final do ano letivo para a comunidade escolar.

Já foi estabelecida uma parceria com uma instituição relacionada com a proteção ambiental, FAPAS . Esta parceria tem como finalidade a formação e apoio na caracterização da espécie e da colónia que nidifica na escola e a aquisição de saber sobre a construção dos ninhos artificiais.

As conclusões, os conhecimentos e as técnicas retidas a partir da execução do projeto poderão ser úteis para a aplicação de ninhos artificiais noutros locais com o intuito de proteger o ambiente, preservar a espécie e promover um desenvolvimento sustentável.

Acompanhe o desenvolvimento do projeto através do blog “A vida secreta das andorinhas-das-barreiras“ em https://andorinhasbarreiras.wixsite.com/andorinhas/blog.

A Galeria da Biodiversidade

Nuno Ferrand
Museu de História Natural e da Ciência, Universidade do Porto

A Galeria da Biodiversidade é o primeiro pólo do Museu de História Natural e da Ciência da Universidade do Porto a abrir após o processo de profunda renovação iniciado em 2011. A Galeria da Biodiversidade é, também, o primeiro grande Centro Ciência Viva da cidade do Porto e resulta de uma parceria entre a Universidade do Porto e a Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica.

FIGURA 1. Esqueleto de baleia no átrio da Casa Andresen.

A Galeria da Biodiversidade é acolhida por um dos mais icónicos edifícios da cidade, a Casa Andresen, em pleno Jardim Botânico. Aí viveram ou passaram partes importantes das suas vidas os escritores Ruben A. e Sophia de Mello Breyner Andresen. E foi precisamente

Sophia que no seu livro Histórias da Terra e do Mar descreveu a impressão que lhe causava o enorme átrio da casa, para onde davam todas as divisões, e que tão grande era que aí se poderia montar o esqueleto da baleia cujos ossos jaziam abandonados nos corredores do então edifício da Faculdade de Ciências. Hoje, a poucos dias da abertura, o sonho de Sophia concretizou-se e o esqueleto da magnífica baleia emerge no átrio da Casa Andresen e é precisamente o mote que dá origem a toda a narrativa da Galeria da Biodiversidade.

Aquilo que em breve poderemos visitar é uma viagem pela vida. Mas é também um cruzamento entre arte e ciência, em que a exuberância e a beleza de cada objeto ou de cada instalação nos convoca, primeiro para uma demorada contemplação e depois para a compreensão do que se procura transmitir. Por outro lado, a visita decorre num edifício que foi cuidadosamente recuperado e que agora pode ser apreciado em todos os seus detalhes.

O piso superior da Galeria da Biodiversidade é integralmente dedicado à exposição permanente. Nele começaremos por apreciar os objetos e os módulos interativos associados que nos irão transmitir os argumentos fundamentais que justificam a necessidade de conservar a diversidade biológica e de assegurar um planeta mais sustentável. Falar-se-á, assim, da beleza do mundo natural, da ética associada à conservação das espécies, da sua importância económica e ainda da sua relevância científica. Depois, os visitantes poderão desfrutar deste espaço único, escolhendo uma visita mais contemplativa ou, se o preferirem, um conjunto de narrativas que respondem às questões fundamentais sobre a natureza da vida. O que é a seleção natural ou a seleção sexual, como se originam as espécies, como nos deslocamos ou como vemos o mundo, o que é a domesticação de animais e plantas e qual a sua importância, porque têm as folhas das árvores formas tão diferentes e o que é, afinal, a forma, como mostraram os Descobridores Portugueses tantos animais e plantas diferentes ao mundo, ou como evoluiu a espécie humana nos últimos milhares de anos são apenas algumas dessas questões que a Galeria da Biodiversidade trata de uma forma original e certamente muito apelativa para todos os tipos de públicos.

A abertura da Galeria da Biodiversidade será o início da devolução à cidade do Museu de História Natural e da Ciência, que encerrou há décadas. Será também o início de um novo projeto cultural de grande dimensão na cidade, na região e no país.

Artigo completo em rce.casadasciencias.org/art/2017/024

Oxigénio ou o teatro da Química

Manuel João Monte
CIQUP/ Universidade do Porto

A peça "Oxigénio" de Carl Djerassi e Roald Hoffmann, publicada, em tradução, pela Universidade do Porto em 2005, centra-se na descoberta do oxigénio e envolve quatro ilustres personagens dessa época – finais do séc. XVIII – Scheele, Priestley e os Lavoisier (Antoine e Marie Anne). A abordagem dos autores, muito criativa e bem humorada, recorre a um ficcionado prémio do Retro-Nobel constituído em 2001 para comemorar o centenário dos prémios Nobel. Nas reuniões do Comité da Química foi acordado selecionar a descoberta do oxigénio para o primeiro Prémio Retro-Nobel. Mas a quem são devidos os créditos dessa importante descoberta?

FIGURA 1. Desenho do laboratório "pneumático" de Lavoisier da autoria de Mme. Lavoisier, onde ela própria aparece sentada à direita, estando o marido ao centro coordenando uma experiência sobre a respiração.

FIGURA 2. Os dois autores da peça "*Oxigénio*". À esquerda, Carl Djerassi (1923-2015), Professor Emérito de Química na Universidade de Stanford, e à direita, Roald Hoffmann (1937-), Prémio Nobel da Química em 1981 (fonte: Universidade de Cornell)

Scheele e Priestley, por esta ordem, antecederam Lavoisier na produção laboratorial do novo *ar*, havendo evidência de que Lavoisier teria tido conhecimento prévio do trabalho daqueles dois cientistas. Além da questão da prioridade da descoberta, os membros do imaginário comité Retro-Nobel questionam-se sobre o que é uma descoberta científica e se o seu mérito depende ou não da sua compreensão pelo autor da descoberta. Terá a descoberta o mesmo valor quer se deva apenas a experiências fortuitas, quer quando essas experiências são planeadas para tentar demonstrar a validade de uma hipótese ou as suas consequências são convenientemente racionalizadas pelo autor?

Priestley e Scheele continuaram fiéis à doutrina do flogisto. Para eles, a descoberta do *ar deflogisticado* não veio perturbar a Teoria em vigor. A mesma fidelidade ao flogisto tinha sido antes demonstrada por Cavendish quando descobriu o *ar inflamável* e lhe atribuiu acertadamente a qualidade de elemento, mas assumindo que o *ar inflamável* seria puro *flogisto* ou *água flogisticada*. Pode questionar-se se a prioridade da descoberta da composição da água deve ser atribuída a Cavendish ou a Lavoisier. Mas foi Lavoisier quem designou o *ar inflamável* por hidrogénio (*produtor de água*) demonstrando de forma clara que esta poderia ser obtida pela reação entre o hidrogénio e o oxigénio (*produtor de ácidos*) que ele também batizou. Embora Lavoisier não tenha atribuído explicitamente os créditos da descoberta do oxigénio a quem os merecia, a ele se deve a racionalização do papel fundamental do oxigénio nos processos da combustão e da respiração. Com a revolucionária teoria da combustão, onde o oxigénio desempenhava um papel central, Lavoisier incinerou o espetro do flogisto, Teoria que dominava a Química desde que Stahl, em 1703, a adaptou da *Terra Pinguis* proposta por Becher em 1667 .

Na *mascarade* intitulada *Vitória do Oxigénio sobre o Flogisto*, que parece ter sido efetivamente representada pelos Lavoisier em homenagem aos seus ilustres patrocinadores científicos, como era uso em França, e que foi reinventada pelos autores do livro como tendo acontecido

em Estocolmo (com Scheele, Priestley, e suas damas, na plateia), Mme Lavoisier, mascarada de oxigénio, termina a sua cáustica representação com os seguintes versos:

> "Mon cher Monsieur – dirigindo-se a Lavoisier que representava
> o Flogisto nessa pequena sátira –, Poupai-vos, não façais mais tentativas!
> Sabeis que não existem essas massas negativas!
> A Revolução da Química está quase a despontar
> E nascendo o oxigénio de luz a vai inundar
> O flogisto é noção arcaica, que deve ser rejeitada,
> Teoria obsoleta que será abandonada.
> Nas reacções químicas isto sempre permanece
> Nem nada se cria nem nada perece.
> Pela nova química, nós rejubilamos,
> E aos soberanos patrocinadores agradeçamos:
> Aos nossos Louis, George e Gustavo, Rei da sapiência,
> Sob a Vossa luz o flogisto apagaremos da ciência.
> Juntemo-nos celebrando a vitória do ar vital,
> E a derrota do esotérico perante o racional!"

A refutação do flogisto por Lavoisier ao elaborar a sua teoria da combustão teve por base muito trabalho experimental, com recurso a rigorosas pesagens, que o levou a concluir, como é sabido, que a massa era conservada nas reações químicas. Daí a ridicularização a que Lavoisier expôs a Teoria do Flogisto, que necessitava de admitir que esse misterioso fluido não tinha massa e até poderia ter massa negativa para justificar o aumento de massa que se verificava na calcinação dos metais (quando um material entrava em combustão perdia flogisto – rezava a doutrina) formando *calx* (óxido do metal). Mas, para interpretar a natureza dos processos caloríficos, Lavoisier teve de substituir a Teoria do Flogisto pela Teoria do Calórico – que postulava a existência de um fluido (também) sem massa que podia entrar em todas as substâncias ou sair delas. Na altura, isto explicava muito bem a dilatação ou contração dos materiais com a temperatura (com exceção da água). Ironicamente, viria a ser Rumford, que casou com a viúva de Lavoisier em 1805 (11 anos após a morte deste pela guilhotina revolucionária), quem primeiro refutou a Teoria do calórico. Em 1798, Rumford demonstrou experimentalmente que o calor não era um fluido material, podendo ser simplesmente gerado por fricção. Porém, a arrogância do Conde de Rumford e as suas tentativas de menosprezar parte do trabalho de Lavoisier enfureceram Marie Anne que, além de esposa, fora uma notável parceira científica de Antoine. As tensões crescentes levaram à inevitável separação do casal em 1808, tendo o fim do matrimónio sido consumado em 1809.

Fica o convite para a peça de teatro Oxigénio[1] de dois grandes químicos, um prémio Nobel e outro que bem poderia tê-lo sido. Djerassi, Doutor *Honoris Caus*a também pela Universidade do Porto, foi o inventor da pílula contracetiva!

[1] GTUFLisboa (SASULisboa, cantina velha), 11/Julho/2017, pelas 22 horas, enquadrada no IV Encontro Internacional da Casa das Ciências.

Incursão geológica pelo Brasil

Os “diamantes“ da Chapada Diamantina

Luís Vítor Duarte
MARE/Universidade de Coimbra

O Brasil é um dos cinco países com maior extensão territorial da Terra. Na sua vastidão, serão naturalmente proporcionais à sua dimensão, lugares de grande interesse geomorfológico e geológico, não replicáveis quanto à história do planeta ali registada. Entre os variados locais de interesse, sobressai a Chapada Diamantina, localizada no coração da Bahia, com o seu **Parque Natural** (*http://www.guiachapadadiamantina.com.br/parque-nacional/*) criado em 1985. Território que ostenta locais que serviram de cenário à telenovela brasileira **Pedra sobre Pedra** (*http://www.dailymotion.com/video/x20t7fi_pedra-sobre-pedra-cap_1_shortfilms*), que passou nos écrans portugueses nos idos anos 90. Um título que sobeja em geologia, mostra a genuína cidade diamantina de Lençóis, convertida na ficcionada cidade de Resplendor e cujo brilho se reflete no genérico da série, que anuncia de forma original e com um arrojado sentido estético, recortes paisagísticos da Chapada Diamantina, entre serranias, desfiladeiros, grutas e cachoeiras.

Tal como é sugerido pelo próprio nome da Chapada, a região é conhecida por terra de muito garimpo, associada exatamente à exploração diamantífera do século XIX, depois de um primeiro período dedicado ao ouro. Ou a sua geologia, que não tem obviamente fronteiras, não estivesse na continuidade do vizinho Estado de Minas Gerais, lugar máximo na vasta história da exploração mineira no Brasil. Uma geologia de idade muito antiga, que remonta ao Pré-Câmbrico, desde o Arcaico ao Proterozoico terminal, incluído no cratão de São Francisco. Uma contextualização muito semelhante pela sucessão litológica, idade e até, de certa forma, pelo tipo de morfologias atuais, à da Serra da Leba e Planalto da Humpata (Angola) (*doi.org/10.24927/rce2017.012*), do então vizinho cratão do Congo. É que os continentes e as placas litosféricas sobre as quais estes assentam, com o fenómeno de

deriva (continental) do alemão Alfred Wegener – mais tarde confirmado pela revolucionária teoria da tectónica de placas –, deram demasiadas "voltas" sobre a astenosfera. Muitas centenas de milhões de anos para além da tão conhecida união de todos os continentes, na Pangeia, a Chapada Diamantina e o Planalto da Humpata estiveram bem juntinhos, estando hoje separados pelo imenso Atlântico Sul.

São múltiplos os recantos geomorfológicos da Chapada Diamantina. Alguns deles com paisagens ofuscantes e avassaladoras, selecionados pelo impacto criado à mais fina sensibilidade. Sensações que, pela distância, podem ser confirmadas no Google, através das centenas de registos fotográficos que por aí se multiplicam. No topo da lista, o Morro do Pai Inácio, que sobressai entre todas as morfologias do Planalto, edificado em rochas sedimentares siliciclásticas da Formação Tombador. Um lugar preenchido com a sua própria lenda, que inclui um Inácio, desgraçado e, encontrando-nos por estas zonas do interior do Brasil, um inevitável coronel e seus jagunços. No cimo do Morro, onde alguém poderá contar toda esta história, proporcionam-se os mais espetaculares flashes da imensa Chapada (FIGURA 1).

FIGURA 1. Um dos grandes ícones da Chapada Diamantina, vista do Morro do Pai Inácio. Empilhamento sub-horizontal de rochas sedimentares do Proterozoico Médio, moldadas pela conjugação da tectónica e dos agentes de meteorização.

Mantendo-nos nas alturas, curiosamente na mesma sucessão estratigráfica (Proterozoico Médio) do Morro do Pai Inácio, destaca-se também a gigantesca e vertiginosa Cachoeira da Fumaça, com desnível de mais de três centenas de metros. Que obriga a uma longa caminhada, de alguns pares de quilómetros, particularmente acidentada no seu percurso inicial. Um esforço, decerto, a repetir pela terceira vez... Fechando o pódio, um grupo de grutas carbonatadas, da Formação Salitre (a última unidade do Proterozoico Superior da Chapada Diamantina), cada uma com a sua marca e com os predicados mais particulares entre os diversos fenómenos de carsificação, com ou sem água. Entre elas, evidenciam-se a Lapa Doce, Pratinha, Torrinha (FIGURA 2), Poço Azul e Poço Encantado. Esta última,

revelando-nos uma espécie de conjugação astronómica Sol-Terra, que resulta na projeção dos raios solares sobre a mancha de água, no máximo da sua possível transparência, que circula no seu interior. Um encantamento, bem real, que tem horas do dia e estação do ano para a luz solar atravessar a mesma fenda nas rochas, a fazer concorrência ao melhor filme da saga Indiana Jones! Verdadeiras preciosidades da natureza geológica, que suscitam a maior das curiosidades e a visita obrigatória a quem se desloque a estas paragens.

FIGURA 2. Entrada da Caverna da Torrinha, implantada na unidade carbonatada da Formação Salitre (Proterozoico terminal). Aspeto da carsificação superficial.

Todavia, a importância da geologia desta região está muito longe de se esgotar nas suas belezas megascópicas. As rochas sedimentares que se acumularam ao longo de centenas de milhões de anos durante o Proterozoico mostram evidências únicas e contrastantes de paisagens passadas. Algo impossível de cogitar a partir do registo geológico português daquela mesma idade. Tudo consequência das várias orogenias que assolaram as nossas rochas (do território português), que as deformaram e metamorfizaram, não deixando ao olhar mais minucioso do sedimentológo a mínima possibilidade de interpretar os paleoambientes. Mas não é isso que acontece na longa história geológica da Chapada Diamantina onde, através de uma sedimentação dominantemente terrígena, se acumularam centenas de metros de sedimentos numa bacia dita intracratónica. Com aspetos faciológicos e estruturas sedimentares que são do melhor que podem alguma vez ser observados em afloramento, e que testemunham alterações contrastantes nos ambientes e nos climas que vigoraram no processo deposicional. Desde logo, e independentemente do posicionamento estratigráfico e da assinatura temporal, destacam-se rochas de origem eólica, que contabilizam mais de 1500 milhões de anos (Formação Mangabeira; Figura 3), cujo baixo grau de litificação nos faria lembrar sedimentos com pouco mais do que 10 milhões de anos! A poucos quilómetros, fácies com clastos de origem glaciomarinha (*dropstones*; Figura 4), da Formação Bebedouro, a sugerirem clima particularmente frio, que caracterizou uma fa-

tia temporalmente significativa do final do Proterozoico em grande parte do planeta Terra: o *Snowball Earth*. Ou as constantes marcas de ondulação e de maré, de elevadíssimo estado de preservação, observáveis em várias unidades de origem fluvio-eustarina que afloram na região. No topo da série proterozoica fossilizam os carbonatos da Formação Salitre, os tais que deram origem, muito mais tarde, às numerosas grutas conhecidas. Rochas que mostram belíssimas construções estromatolíticas, que nos movem, em todos os sentidos, para a Formação da Leba, no topo do Planalto da Humpata.

FIGURA 3. Aspeto da estratificação entrecruzada patente na Formação Mangabeira, rochas com mais de 1500 milhões de anos, resultantes da acumulação sob ambiente eólico.

No final, a acumulação de uma bela coleção de cromos de geologia para mais tarde recordar e nos ajudar a compreender uma parte longínqua da história da Terra! Tudo a rivalizar com os verdadeiros diamantes da Chapada!

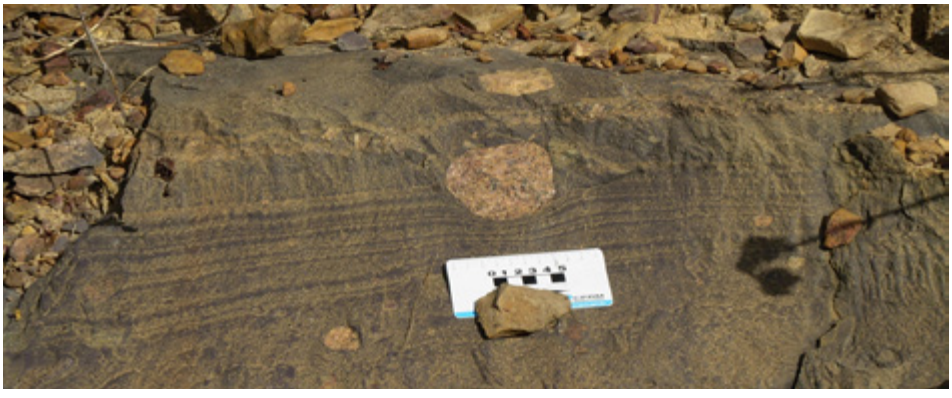


FIGURA 4. ***Dropstone*** ("seixo pingado") em camada de arenito estratificado. Uma evidência clara de ambiente periglacial, uma das características do Proterozoico Superior (Formação Bebedouro).

Moléculas magníficas

Pedro Alexandrino Fernandes,

Ana Rita Calixto

UCIBIO@REQUIMTE/ Universidade do Porto

O nosso organismo é uma máquina quase perfeita. Possui uma complexidade química que ultrapassa a nossa capacidade de compreensão. Todos os dias realiza milhares e milhares de reações químicas, perfeitamente sincronizadas e reguladas, interdependentes e em harmonia. Nunca alguma vez o ser humano construiu uma máquina deste nível de complexidade e perfeição.

As reações químicas do nosso organismo servem para uma infinidade de funções, tais como gerar matéria prima para novas células, gerar energia, contrair os músculos, pensar, ou mesmo ter emoções. Sim, até estas últimas são fruto de moléculas, que quando são sintetizadas nos fazem sentir felizes, tristes, enamorados, angustiados, assustados ou corajosos.

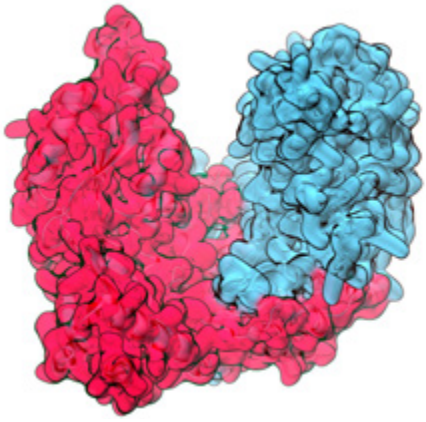


FIGURA 1. Representação artística da Descarboxilase de L-aminoacidos Aromáticos, uma molécula fundamental para a síntese de serotonina.

Estas reações químicas são muito lentas fora do nosso organismo, e são pouco específicas – geram muitos produtos secundários. Nas nossas células temos "fábricas de moléculas", que reúnem os reagentes num reator, e provocam a reação química desejada de forma muito rápida e eficiente. Essas fantásticas fábricas de moléculas são, por sua vez, também moléculas, mas de enormes dimensões, e chamam-se enzimas.

O nosso corpo tem ainda um exército de sensores moleculares. Estes sensores medem tudo o que se passa dentro de nós, e acionam mecanismos, físicos ou emocionais, tais como o subir da tensão arterial, o acelerar do batimento do coração, ou o sentir de alegria ou felicidade. Os sensores são ligados/desligados quando uma molécula específica se lhes une ou separa. Essa molécula específica é geralmente fabricada numa enzima. Os sensores são proteínas que estão inseridas na membrana que rodeia cada célula.

Estas moléculas magníficas, e magnificamente complexas, têm sido a paixão do Laboratório de Bioquímica Computacional, na Universidade do Porto. Para além de as estudarmos, como cientistas, também gostamos de fazer ilustrações com elas, para as dar a conhecer ao púbico em geral, e partilhar a nossa paixão e o nosso conhecimento. Nesse sentido, promovemos anualmente um concurso de arte científica denominado

"Moléculas Magníficas", que vai já na sétima edição. Neste concurso, cientistas e estudantes representam artisticamente as moléculas que os fascinam. São duas das moléculas deste concurso que trouxemos para este pequeno artigo.

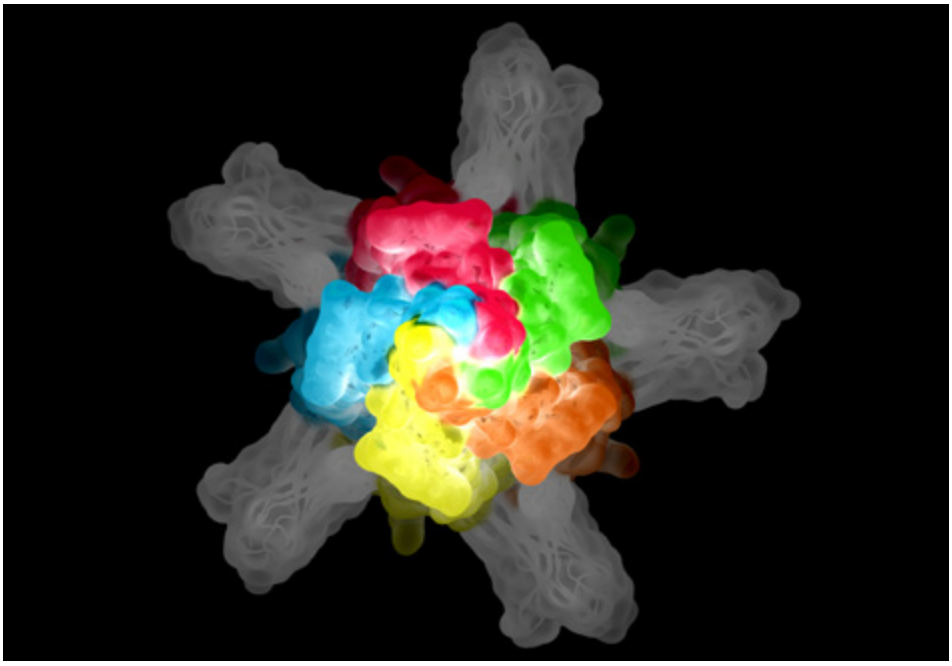


FIGURA 2. Representação artística de um recetor de serotonina com o nome genérico de *recetor 5-HT*.
Quando esta se liga ao recetor nós sentimos paz e felicidade.

Na figura 1, podemos ver uma enzima. Tem um nome complicado, chama-se Descarboxilase de L-Aminoacidos Aromáticos. O nome é derivado da reação química que se dá no seu interior. Entre outras coisas, ela fabrica serotonina, uma das nossas moléculas da felicidade. Quando existe muita serotonina no nosso cérebro nós sentimos paz, serenidade, relaxamento e bem-estar. Pelo contrário, quando temos falta de serotonina, sentimo-nos deprimidos. Não admira, portanto, que tenham sido desenvolvidos medicamentos que aumentam a quantidade de serotonina no nosso cérebro, para tratar a depressão.

Na figura 2 podemos ver um dos sensores que são ativados pela serotonina: um sensor da paz e felicidade. O seu nome genérico é recetor 5-HT. Quando a serotonina se liga a este recetor, ele despoleta uma resposta no cérebro que nos faz sentir paz, serenidade, e felicidade, e diminui o nosso instinto para a luta. Na figura 3 podemos ver um fármaco (prozac) que faz aumentar a quantidade de serotonina na região do cérebro onde ela consegue provocar a sensação de felicidade. Como tal, o fármaco é usado para combater a depressão. O fármaco efetua a sua ação, em parte, bloqueando um canal que, quando aberto, retira a serotonina do seu local de ação. O canal chama-se transportador de serotonina.

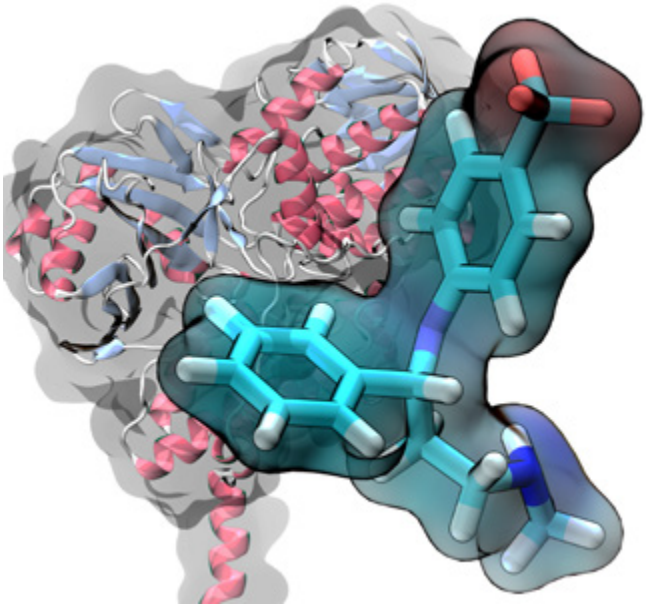


FIGURA 3. Destaque de um fármaco anti-depressivo (Prozac) que bloqueia um transportar de serotonina (em segundo plano).

As figuras que ilustram este artigo estiveram no último concurso “Moléculas Magníficas” e fazem parte da exposição que acompanha o IV Encontro Internacional da Casa das Ciências na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 10-12 de julho de 2017. A exposição associada à próxima edição do concurso estará na Reitoria da Universidade do Porto em março de 2018.

Diversidade dos grãos de pólen

in imagem.casadasciencias.org

As imagens fotográficas, além da sua leitura denotativa, que nos permite apreciar as propriedades concretas dos objetos que representam, possuem também uma leitura conotativa, que permite ligá-las a outras imagens e palavras, dando-lhes novas potencialidades interpretativas. Esta característica da linguagem imagética torna indistinta a separação entre ´verdade' objetiva e 'verdade' subjetiva, ou seja, entre os modos de inteligibilidade que constroem a ciência e a arte.

A presente fotografia, que denota, segundo o autor, "grãos de pólen de diversas espécies" observados ao microscópio, pode facilmente conotar-se, através da variedade e plasticidade de formas circulares que representa, com realidades muito distintas: paisagens imaginárias extraterrestres, paisagens do interior do corpo humano, enquadramento para o estudo de uma natureza morta contemporânea ou até como representação diagramática de uma qualquer teoria ou conceito filosófico.

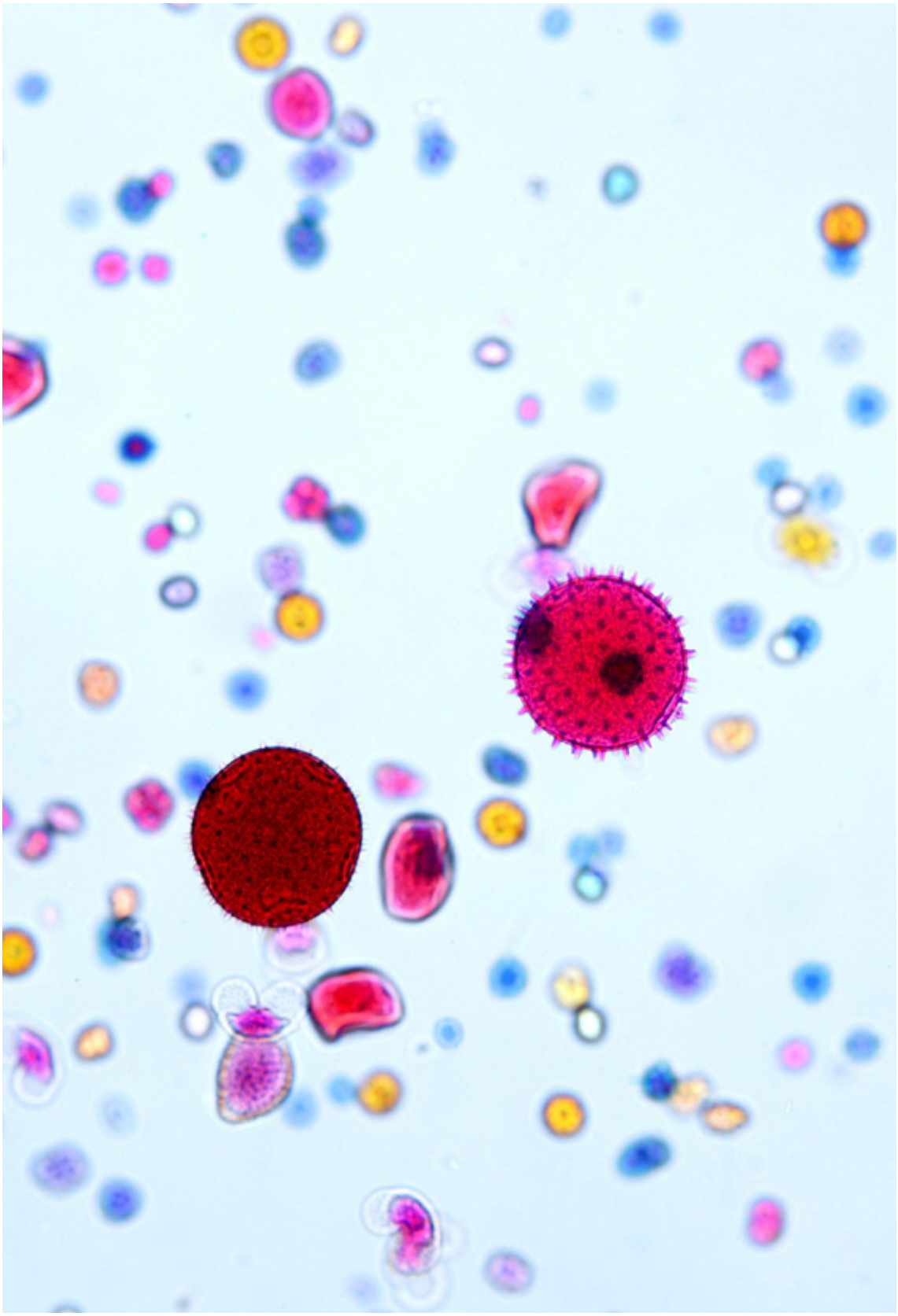
Manuel Valente Alves
CHAM / Universidade Nova de Lisboa

Os grãos de pólen transportados pelo vento, ou pelos insetos, quando aterram no estigma compatível de uma flor da sua espécie iniciam um longo processo de germinação que culmina na libertação de dois núcleos que se fundem com outros núcleos no óvulo para darem origem ao embrião e às substâncias de reserva da semente.

A armadura que os reveste tem forma e estrutura únicas, típicas de cada espécie, pelo que é possível identificar as plantas que os produziram, mesmo aquelas que se extinguiram há milhares de anos. Esta especificidade é muito útil em peritagens forenses; o pólen alojado na roupa ou nas vias respiratórias de cadáveres permite determinar o ambiente a que os indivíduos estiveram expostos, a época do ano ou a localização geográfica.

Quando os grãos de pólen entram nas vias respiratórias, substâncias diversas importantes na sua defesa e reconhecimento podem funcionar como alergénios provocando as rino-conjuntivites típicas da Primavera.

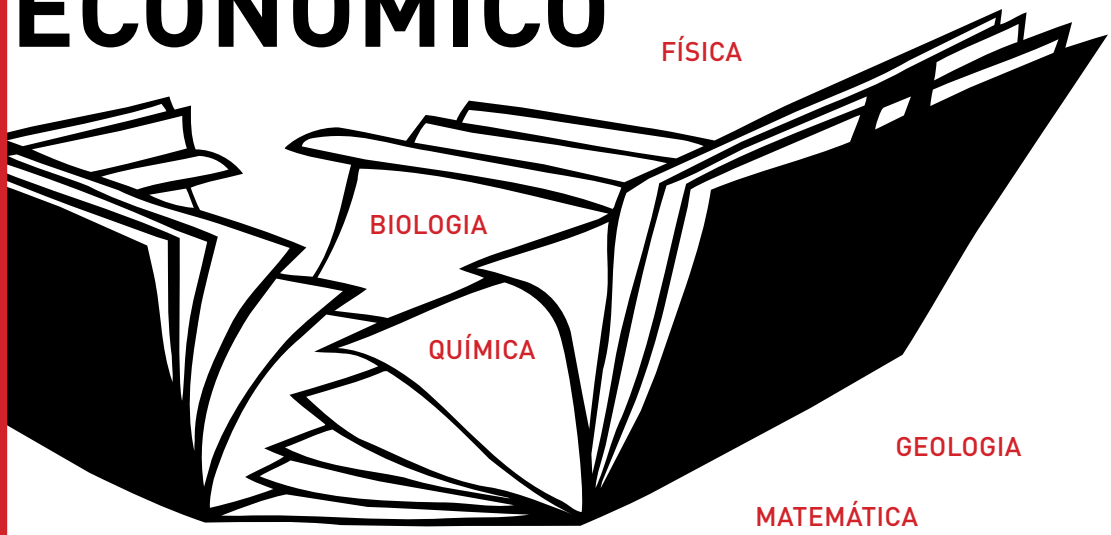
José Pissarra
Ciências / Universidade do Porto



IV ENCONTRO
INTERNACIONAL
DA CASA
DAS CIÊNCIAS

O MAIOR ENCONTRO DE PROFESSORES DO PAÍS

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO



10 A **12**
JULHO
2017

FACULDADE
DE CIÊNCIAS
DA UNIVERSIDADE
DE LISBOA

EDULOG