

V11/02

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR
CASA DAS CIÊNCIAS

JUNHO 2023



REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



FICHA TÉCNICA

Rev. Ciência Elem., V11(02)

Publicação trimestral
da Casa das Ciências

ISSN 2183-9697 (versão impressa)

ISSN 2183-1270 (versão online)

rce.casadasciencias.org

DEPÓSITO LEGAL

425200/17

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Alexandra Coelho

DESIGN

Rui Mendonça

PAGINAÇÃO

Raul Seabra

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

UniarTE Gráfica S.A.

TIRAGEM

600 exemplares

IMAGEM NA CAPA

The Girl With The Pearl Earring

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



PROPRIETÁRIO

Casa das Ciências/ICETA

Faculdade de Ciências,

Universidade do Porto

Rua do Campo Alegre, 687

4169-007 Porto

rce@casadasciencias.org

CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

EDITOR

João Nuno Tavares (UNIVERSIDADE DO PORTO)

EDITOR CONVIDADO

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

CONSELHO EDITORIAL

Alexandre Lopes Magalhães (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

José Cidade Mourão (INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO)

Rute Coimbra (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

Sónia Gouveia (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

PRODUÇÃO E SECRETARIADO

Alexandra Coelho

Guilherme Monteiro

Liliana Freitas

Raul Seabra

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



**CASA DAS
CIÊNCIAS**

EDULOG · FUNDAÇÃO BELMIRO DE AZEVEDO

JUNHO 2023

V11/02

ÍNDICE

- 02 AGENDA
- 03 NOTÍCIAS
- EDITORIAL
- 05 **Pigmentos, cor, vida.**
Paulo Ribeiro-Claro
- ARTIGOS
- 07 **Azul Egípcio.**
Mariela M. Nolasco
- 11 **Biominaerais.**
Celso de Sousa Figueiredo Gomes
- 16 **Batata-doce.**
Maria Alexandra Abreu Lima *et al.*
- 21 **Biopesticidas: desafios para a investigação.**
Sara Rodrigues *et al.*
- 26 **Agricultura biológica vs Agricultura orgânica.**
Roberto Salema
- 30 **Perfurações da membrana timpânica.**
Jéssica Sousa *et al.*
- 34 **Rochas sedimentares e metamórficas.**
Edite Bolacha
- 38 **Rios temporários.**
Verónica Ferreira
- AOS OLHOS DA CIÊNCIA
- 42 **Mergulhando no Oceano Índico II.**
Luís Vítor Duarte
- IMAGEM EM DESTAQUE
- 48 **Pigmentos alimentares.**
Paulo Ribeiro-Claro,
Maria Paula Marques

19/05
a 31/12 (2023)

Paisagens Biológicas

Esta exposição propõe uma viagem ao mundo microscópico e ao trabalho do histologista Abel Salazar, recorrendo a objetos da coleção da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa. Expõem-se nela fotocópias de imagens de pinturas, de desenhos e de aguarelas deste reputado médico e artista portuense.

UNIVERSIDADE DE LISBOA, MUSEU NATURAL E DA CIÊNCIA

[HTTPS://WWW.MUSEUS.ULISBOA.PT/EXPOSICAO-ABEL-SALAZAR-PAISAGENS-BIOLOGICAS](https://www.museus.ulisboa.pt/exposicao-abel-salazar-paisagens-biologicas)

02/06
a 31/08 (2023)

Monozigóticos: a diferença na igualdade

Inaugurada a 1 de junho no Museu de História Natural e Ciência da UP, esta exposição traz-nos uma seleção de fotografias que procuram ser a extensão artística e a tradução, em papel, da diferença na dualidade quase igual dos gémeos monozigóticos: o poder da cor a ilustrar a genética; a fotografia de autor a desenhar ciência com arte. Constituída por gémeos de diversas idades, a série fotográfica apresentada, explora a dinâmica entre irmãos e a sua relação ao longo do tempo.

UNIVERSIDADE DO PORTO, POLO CENTRAL DO MUSEU NATURAL E DA CIÊNCIA

[HTTPS://MHNC.UPPT/MONOZIGOTICOS/](https://mhnc.uppt/monozigoticos/)

12/10
a 13/10 (2023)

Simpósio de Inovação Pedagógica em Biociências

O objetivo deste simpósio é promover a adoção de práticas de ensino eficazes e baseadas em provas no campo da educação em biociências. Através de vários *workshops* e apresentações interativas, os participantes aprenderão sobre métodos de ensino inovadores, explorarão novas tecnologias para aperfeiçoar a experiência em sala de aula e obterão informações sobre os avanços mais recentes em educação científica. Este simpósio proporcionará uma oportunidade valiosa para educadores e investigadores colaborarem e trocarem ideias sobre como melhorar o ensino das biociências e preparar a próxima geração de profissionais.

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

[HTTPS://SPIB15.WIXSITE.COM/SPIB2023](https://spib15.wixsite.com/spib2023)

MONOZIGÓTICOS:
a diferença na igualdade

Fotografia de
Cláudia Rocha
Cooperação científica
de Alexandra Matias

2 JUN a
31 AGO

Polo Central do Museu de História Natural e de Ciência da Universidade do Porto (UPPT)

Terça-feira a domingo
10h00 as 18h00 — 14,00€ as 18,00€
(último acesso 17h30)

Entrada livre

UNIVERSIDADE DO PORTO MUSEU NATURAL E DA CIÊNCIA

“Tinta fresca”.



FIGURA 1. Borboleta de asas azuis.

Uma equipa de investigadores pode ter criado a tinta mais “cool” de todos os tempos, literalmente. A equipa da Universidade da Flórida Central desenvolveu uma forma de imitar a capacidade da natureza de refletir a luz e criar cores maravilhosamente vivas – mas sem absorver qualquer radiação, ao contrário do que sucede com os pigmentos tradicionais.

Esta investigação explora a cor estrutural. As cores estruturais não são criadas a partir da pigmentação tradicional, mas da disposição de materiais incolores para refletir a luz de certas formas. Um bom exemplo é o arco-íris, que cria uma exibição deslumbrante de cor apenas por dispersão da luz em gotas de água – sem qualquer contributo de corantes ou pigmentos.

O verde das penas dos pavões, o azul das asas das borboletas são cores quase impossíveis de recriar artificialmente. Isso porque essas cores vivas encontradas na natureza não são alcançadas através de pigmentos, mas sim da estrutura dos materiais.

Estas cores brilhantes e bonitas resultam da dispersão e reflexão da luz, a forma como a estrutura de uma asa, uma pena ou outro material reflete a luz de volta para o observador. A luz não é absorvida pelo objecto, é irradiada de volta na forma de uma cor visível, e é aqui que as coisas ficam interessantes: é possível manter habitações mais frescas usando tintas baseadas em cores estruturais.

A neurociência da beleza.



FIGURA 1. Flor (efémera) de cacto.

A beleza é um conceito altamente subjetivo. No entanto, especialistas que entrevistaram um grande número de pessoas e analisaram algumas das obras de música, arte e arquitetura mais reverenciadas do mundo, identificaram atributos comuns entre as coisas que achamos bonitas.

Essas qualidades universais incluem simplicidade, padrão, ritmo, simetria, certas justaposições de cor, combinações e disposições em certas proporções e geometrias.

Os neurocientistas também sabem um pouco sobre o que acontece em nossos cérebros quando percebemos a beleza. Um estudo recente recolheu imagens de ressonância mag-

nética funcional em voluntários solicitados a classificar peças de arte visual e música como “bonitas”, “feias” ou “indiferentes”. A resposta a peças “bonitas” é acompanhada de atividade numa região do cérebro chamada córtex orbitofrontal medial, que desempenha um papel em nossos sentimentos de recompensa e prazer.

Mas por que avaliamos a beleza? Tem um propósito? A principal teoria é que estamos programados para apreciar formas e padrões que são difundidos na natureza, porque eles ajudaram nossos ancestrais a sobreviver.

Um rosto simétrico, por exemplo, sugere boa saúde e genes fortes num parceiro potencial. Os nossos cérebros reconhecem as plantas que crescem em padrões fractais como saudáveis e seguras para comer, e fazem-nos desconfiar daquelas que crescem tortas. As coisas que nos ajudam a sobreviver ativam o centro de recompensa no nosso cérebro e levam-nos a atribuir-lhes valor.

Cores em números primos.

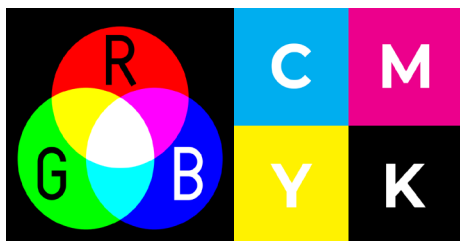


FIGURA 1. Códigos RGB e CMYK.

Atualmente, os dois sistemas de cores mais utilizados são RGB (Vermelho, Verde, Azul, do inglês Red, Green, Blue), um sistema de cor que contém 3×256 valores de símbolos de letras, e CMYK (Ciano, Magenta, Amarelo,

Preto), um sistema de cor de pigmento que contém 4×100 valores de símbolos de letras. Outras molduras de cor, como HSV (Matiz, Saturação, Valor) são derivadas dos sistemas RGB e CMYK.

Embora estes sistemas de cores sejam amplamente adotados, eles têm muitas desvantagens. Os códigos de cores baseados em letras tornam difícil tratar a relação entre cores através de operações matemáticas – uma limitação importante para o tratamento computacional da cor.

Recentemente, os cientistas criaram uma nova e inovadora estrutura de cores, designada C235, baseada na teoria dos números primos, para codificar cores e colorir objetos. O sistema de cores C235 proposto permite uma codificação eficiente e compressão de cores eficaz, com muitas vantagens em relação aos sistemas de cores existentes. É mais fácil digitalizar, pois todas as cores são representadas por números primos, e devido às propriedades dos números primos, cada cor tem apenas um código. Isto permite realizar uma conversão rápida entre sistemas RGB e CMYK e a atribuição de propriedades de cor com grande economia computacional.

Pigmentos, cor, vida.

A imagem de capa deste fascículo da *Revista de Ciência Elementar* é uma das obras mais famosas de Johannes Vermeer (1632–1675), inicialmente conhecida por *Rapariga com turbante*, mas popularizada como *Rapariga com brinco de pérola* — provavelmente pelo impacto visual desse ponto brilhante no centro da imagem. Na verdade, admite-se hoje ser pouco provável que se trate de uma pérola: dadas as dimensões e os reflexos pintados por Vermeer, deverá tratar-se de uma esfera de vidro ou, talvez, de prata.

Mas o motivo da escolha não teve nada a ver com a história desta obra, resultou apenas de uma impressão forte de que “esta imagem daria uma boa capa”! Uma impressão difícil de descrever, mas que eu associo à riqueza de cor que a imagem transmite... Apesar de haver apenas um elemento de cor dominante, o turbante azul. E foi a partir daqui surgiu o tema para esta edição: a cor e os pigmentos que nos rodeiam.

Um dos pigmentos azuis famosos na história da arte é o *Azul Egípcio* (não o azul do quadro de Vermeer, que usou “Azul Ultramarino”, um pigmento baseado na gema semi-preciosa Lápis Lazúli — mas isso merece um outro artigo completo). O *Azul Egípcio* tem um percurso algo rocambolesco: de primeiro pigmento sintético conhecido e amplamente usado até ao início da Idade Média, a pigmento perdido durante séculos, depois “ressuscitado” no século XX, e atualmente com interesse renovado pela emissão intensa na região do infravermelho — ou seja, pelo seu brilho invisível a olho nu. Uma história contada num artigo convidado para este fascículo.

O tema é naturalmente o centro da secção *Notícias*, para a qual escolhi desenvolvimentos científicos recentes em torno do conceito de beleza, com a sua natureza subjetiva, mas associada a uma base possivelmente objetiva, da criação de corantes inovadores (a possibilidade de usar “corantes estruturais” em aplicações práticas quotidianas merece uma leitura), e do tratamento computacional de imagens, que tem na codificação matemática das cores um elemento essencial.

O tema encerra com a *Imagem de Destaque*, para a qual selecionei uma fotografia obtida num mercado — mas não num mercado qualquer. Um mercado na Índia, país descrito como um país de cores simbólicas. E, nas palavras da autora desta fotografia, “não conheci nunca sítio mais explosivo, em sons, odores, cores e movimento, do que um mercado indiano”. A ver!

Os restantes artigos deste fascículo refletem o contributo de vários autores e, portanto, abordam vários temas. Numa zona de fronteira entre a química e a biologia, o trabalho *Biominaerais* desvenda os mecanismos complexos de formação de estruturas sólidas cristalinas, análogas a verdadeiros minerais, mas produzidas exclusivamente por processos biológi-

cos. A batata-doce, originária da América Central e do Sul, constitui, desde há milénios, parte da dieta alimentar dos seres humanos. No texto *Batata-Doce* ficamos a saber mais acerca desta espécie dicotiledónea da Família das Convolvuláceas. Os dois textos seguintes, *Biopesticidas* e *Agricultura biológica e outras coisas* abordam temas de impacto atual, com contributos que considero muito relevantes para esclarecimento dos termos, da realidade e dos mitos, das opções disponíveis, assim como dos desafios para a investigação e perspectivas futuras. Para quem nunca ouviu falar de celulose bacteriana, pode ficar a conhecer algumas das suas aplicações, descritas em *Perfuração da membrana timpânica* — aqui talvez eu não seja totalmente imparcial nesta análise, mas este é mais um trabalho onde a química, através dos novos materiais, se cruza com as ciências da saúde. Como curioso da geologia, li com muito agrado os dois textos seguintes, *Rochas sedimentares e metamórficas* e *Rios temporários*. O primeiro aborda um tema que me fascina desde muito jovem, quando me ajudou a compreender a origem daquelas estruturas rochosas em camadas, tão frequentes nas nossas praias. Dos rios temporários podemos dizer o mesmo que de Santa Bárbara: infelizmente, só nos lembramos deles quando troveja — ou quando chove copiosamente — com as consequências conhecidas! O último texto deste fascículo faz parte da série *Aos olhos da Ciência* e traz-nos o segundo episódio de uma viagem pelo oceano Índico — talvez para ler a pensar nas férias que se aproximam.

Recordo que textos na edição impressa da revista estão limitados no seu número de páginas por opção editorial, mas a versão completa dos mesmos pode ser encontrada na edição digital, disponível no portal da *Casa das Ciências*.

Paulo Ribeiro-Claro

Editor convidado

Azul Egípcio.

Mariela M. Nolasco

CICECO/ DQ/ U. Aveiro

A história da descoberta, “desaparecimento” e redescoberta do Azul Egípcio é fascinante. Este pigmento sintético, o primeiro do mundo, foi a principal fonte da cor azul em grande parte do mundo civilizado durante três mil anos. Depois, deixou de ser utilizado e acreditou-se que este pigmento e o seu processo de fabrico se tinham perdido para a história. Mas acabou por ser redescoberto — em parte devido a uma observação casual — e o conhecimento da sua constituição química permitiu recriar o processo de síntese. Recentemente, com a revelação da sua extraordinária emissão na região do infravermelho próximo, o futuro do Azul Egípcio tornou-se brilhante, e de mais do que uma maneira (FIGURA 1).



FIGURA 1. Taça decorada com Azul Egípcio (século II).

O pigmento Azul Egípcio (FIGURA 2) data do terceiro milénio a.C. e é reconhecido como o primeiro pigmento sintético utilizado pelo Homem. Foi produzido pela primeira vez na 4.^a Dinastia do Egito e foi usado no Egito e na bacia do Mediterrâneo até ao final Império Romano. Pouco depois do início da Idade Média deixa de haver registos do uso deste pigmento: o Azul egípcio caiu em desuso e, a partir daí, o método da sua preparação foi esquecido.

No final do século XIX e início do século XX, começou a ser estudado em profundidade por muitos investigadores e, em 1959, usando análises de raios-X, Pabst descobriu que o Azul

Egípcio é, na verdade, um tetra-silicato de cálcio e cobre ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), o mesmo que o mineral cuprorivaite, descoberto em 1938 por Minguzzi na lava do Vesúvio.

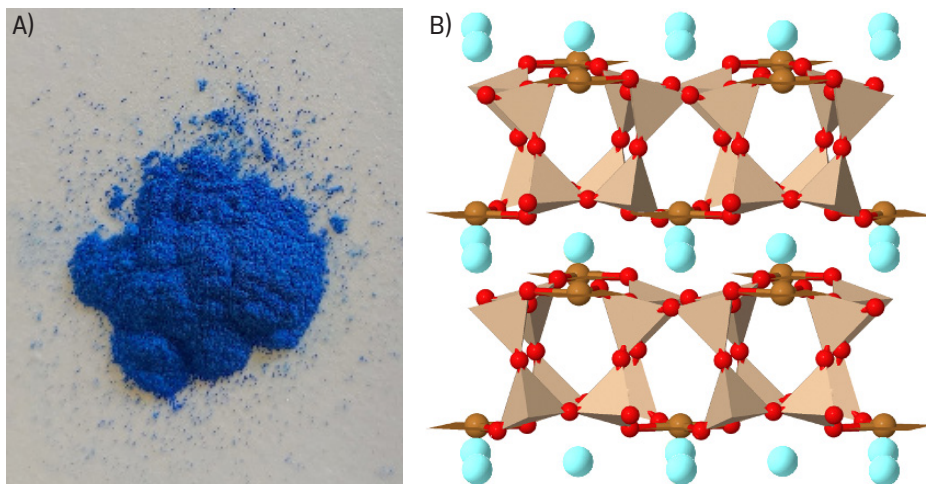


FIGURA 2. A) Aspeto físico. B) Estrutura do Azul Egípcio, $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$. Os íões Cu^{2+} em coordenação planar quadrada são mostrados em castanho escuro, enquanto os tetraedros SiO_4^{4-} estão em castanho claro. Os átomos de oxigénio são representados a vermelho e os íões Ca^{2+} a azul-claro.

O Azul Egípcio tem uma estrutura cristalina tetragonal, que consiste em camadas paralelas de tetraedros de silicato. Estas camadas são mantidas juntas por ligações não covalentes, garantidas pela camada de íões Ca^{2+} intermediários. Por sua vez, os íões Cu^{2+} estão inseridos na estrutura covalente de silicato, numa geometria de coordenação quadrangular plana. Assim, o Azul Egípcio é muito estável e exibe uma cor azul brilhante que resulta da absorção óptica dos íões Cu^{2+} .

A estrutura em camadas do Azul Egípcio pode ser modificada e transformada numa estrutura de monocamada através de um processo de exfoliação. Neste processo, os íões Ca^{2+} são removidos, promovendo assim a separação das camadas de silicato de cobre na forma de “folhas”. A exfoliação do Azul Egípcio oferece uma forma de obter uma nano-estrutura de $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ que pode ser manipulada como uma dispersão coloidal, compatível com uma variedade de técnicas de processamento com a finalidade de obter materiais multifuncionais.

Os complexos CuO_4^{6-} de geometria quadrado-planar têm três transições eletrónicas d-d características na região visível (FIGURA 3), dando origem a três bandas largas nos espectros ópticos do Azul egípcio.

Em 2009, os químicos ficaram empolgados com um desenvolvimento interessante: o azul egípcio é capaz de emitir luz na região do infravermelho próximo (NIR, *near infrared*) quando exposto à luz vermelha. Essa emissão é extraordinariamente forte e duradoura, embora não possa ser vista a olho nu, pois a visão humana não abrange o intervalo da luz infravermelha do espectro. No entanto, a emissão pode ser observada usando uma câmara digital com filtros

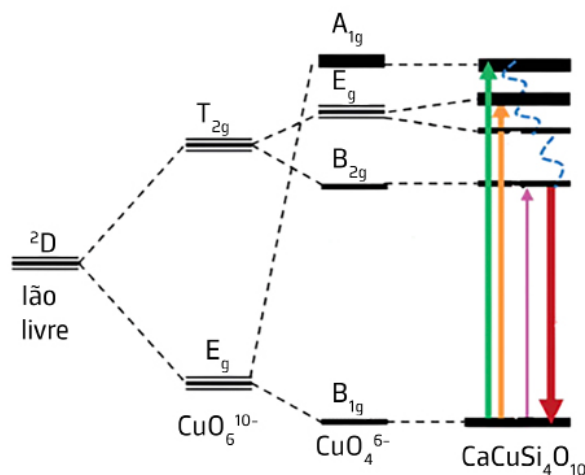


FIGURA 3. Diagrama qualitativo esquematizando a divisão dos níveis d de um íon Cu^{2+} livre, um íon Cu^{2+} num complexo CuO_6^{10-} octaédrico e num complexo CuO_4^{6-} quadrado-planar existente no $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$. As setas representam as transições d-d e são coloridas de acordo com a região de energia correspondente do espectro visível.

modificados que permitam detetar somente a luz infravermelha. Visualizada desta maneira, a emissão assume a forma de um brilho intenso de luminescência induzida por luz.

Se, nos tempos antigos, a única aplicação do Azul Egípcio era em pinturas, atualmente as suas extraordinárias propriedades permitem-nos não só reconstruir o passado, como também moldar o futuro tecnológico.

Por exemplo, o azul egípcio apresenta-se como um material atraente para aplicação na área forense. As impressões digitais latentes descobertas em casos criminais desempenham um papel crucial na identificação de indivíduos devido aos seus padrões característicos. No entanto, a visualização bem-sucedida dessas marcas de dedos latentes é frequentemente um desafio, devido à falta de sensibilidade ou seletividade dos métodos aplicados perante as pequenas quantidades do resíduo da impressão digital.

Uma abordagem alternativa é usar pós de polvilhamento que exibem luminescência no infravermelho próximo (FIGURA 4). Como poucos substratos luminescem nesta região do espectro, tais pós podem destacar detalhes da impressão digital, evitando a interferência causada pela luminescência de fundo.

O elevado tempo de vida, a maior penetração no tecido humano dos fótons infravermelhos quando comparados com os fótons UV ou visíveis, bem como a menor fototoxicidade, abre a possibilidade de se obter imagens biomédicas mais detalhadas e de alta resolução espacial, usando o azul egípcio como agente de imagem. Recentemente, o desenvolvimento da química de superfície covalente em nanofolhas de Azul Egípcio permitiu o acesso a inúmeras reações de (bio)conjugação de grupos de ácidos carboxílicos.

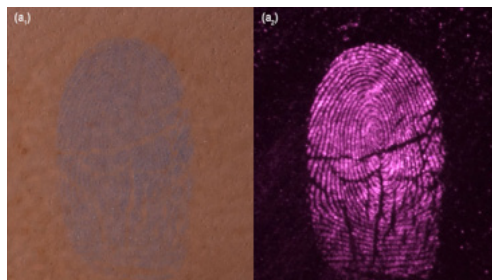


FIGURA 4. Impressão digital de uma doadora com 6 dias de tempo depositada sobre uma placa de cerâmica tratada com azul egípcio e revestida com brometo de cetrimônio sob (a) luz ambiente e (a₂) iluminação a 590 nm.

A funcionalização da superfície covalente de nanofolhas via ativação de Si-H foi realizada com hidrosilanos ancorados com moléculas de pireno fluorescentes no visível para demonstrar a conjugação pela localização conjunta de fluorescência Vis/NIR nas nanofolhas de Azul Egípcio. O mesmo procedimento de ancoragem foi repetido e validado com carboxilatos. Dessa forma, permitiu-se que o ácido fólico fosse conjugado com nanofolhas de Azul Egípcio, direcionando-as para células cancerígenas que expressam o recetor de ácido fólico (FIGURA 5).

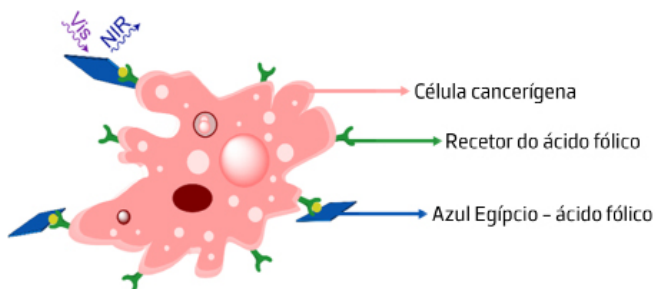


FIGURA 5. Exemplificação de azul egípcio funcionalizado com ácido fólico usado para direcionar e visualizar recetores de ácido fólico em células cancerígenas.

Biominaerais.

Celso de Sousa Figueiredo Gomes

U. Aveiro

O corpo humano contém os chamados biominaerais, uma vez que eles são formados pela ação de atividade biológica ou celular. As citações do termo biominaerais são justificadas porque os verdadeiros minerais são sólidos cristalinos de origem inorgânica formados no ambiente natural sem intervenção humana, enquanto os biominaerais são também sólidos cristalinos análogos aos verdadeiros minerais ou minerais propriamente ditos, mas são produzidos no corpo humano exclusivamente por processos biológicos.

Os biominaerais são produzidos por organismos vivos para diversos fins, tais como: suporte das partes moles do corpo, proteção de órgãos vitais e defesa contra predadores. Os biominaerais podem ser classificados nas mesmas bases dos minerais propriamente ditos, isto é, pela sua organização ou estrutura interna e pela composição química, em particular dos constituintes aniônicos. Muitos biominaerais são, na verdade, compostos ou aglomerados de cristais separados uns dos outros por material orgânico.

Biominaeralização.

A biominaeralização é o processo pelo qual os organismos vivos produzem minerais para endurecer e proteger os tecidos orgânicos, chamados tecidos mineralizados. A biominaeralização é generalizada em espécies pertencentes a muitas formas de vida, de bactérias a plantas e animais, incluindo seres humanos. O estudo da biominaeralização é multidisciplinar na metodologia, variando do estudo macroscópico e microscópico até à biologia molecular. É grande a diversidade dos biominaerais em termos de estrutura, composição, morfologia e função, propriedades que são variáveis de organismo para organismo. Muito recentemente, com base em estudos envolvendo carbonato de cálcio, foram divulgados novos desenvolvimentos quanto à compreensão dos mecanismos de biominaeralização, ou seja, de nucleação e crescimento mineral, mecanismos através dos quais determinados elementos químicos presentes na forma iónica em meio aquoso se associam para formar partículas cada vez mais estruturadas que, eventualmente, acabam por se transformar em polimorfos cristalinos ou amorfos, na presença de moléculas ativas biológicas.

Os compostos orgânicos cristalinos formados no corpo humano, por exemplo, ácido úrico e cistina, enquadram-se bem no conceito de biominaeral. Mas, os biominaerais também podem ocorrer em muitas outras formas vivas para além do homem. Os biominaerais tanto podem ser depositados no interior dos organismos, como nos seus revestimentos externos, como é o caso, por exemplo, das conchas dos bivalves.

Certos biominerais têm efeitos fisiológicos essenciais, como sucede com os ossos que podem atuar como suporte para o corpo, proteção de órgãos vitais e defesa contra predadores; mas, podem também ter efeitos patológicos, como sucede com as chamadas “pedras” ou cálculos que ocorrem no rim e na bexiga e, também, na vesícula biliar.

Cerca de cinquenta (50) biominerais já foram identificados em seres vivos. A maioria dos organismos produz tecidos mineralizados dos quais participam fosfatos e carbonatos de cálcio e ainda sílica quase amorfa.

A calcite e a aragonite que formam a casca das ostras e de outros moluscos são bons exemplos de biominerais. Além disso, a magnetite (Fe_3O_4 ou FeOFe_2O_3) e a greigite (Fe_3S_4) existentes nas chamadas bactérias magnetotáticas são outros exemplos de biominerais. As bactérias magnetotáticas são um grupo de bactérias gram-negativas capazes de responder a campos magnéticos devido à presença, no citoplasma, de nanopartículas de ferro magnético (sob as formas de magnetite e greigite), conjunto circundado por membrana ao qual é atribuído a designação magnetossoma.

Os magnetossomas são dipolos magnéticos responsáveis pela orientação e migração de bactérias magnetotáticas ao longo das linhas do campo geomagnético. Os magnetossomas têm sido usados, por exemplo, para transportar medicamentos até ao local alvo e, também, como agentes de contraste em exames baseados em ressonância magnética.

Nos tecidos humanos, a mineralização ocorre em dois modos distintos, fisiológica e patológica, pelo que os biominerais podem ser classificados em dois grupos:

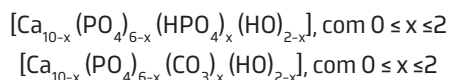
1. Biominerais bioessenciais para alguns sistemas fisiológicos humanos, tais como ossos e dentes;
2. Biominerais patológicos, tais como “pedra” do rim e “pedra” da vesícula biliar, “pedras” que causam certas patologias.

Biominerais: causas e efeitos.

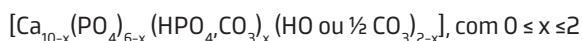
Como mencionado antes, os biominerais resultam da atividade biológica ou celular. Entre os biominerais bioessenciais estão os ossos e os dentes, e entre os biominerais patológicos, estão os chamados “cálculos” formados no rim, vesícula, bexiga, vesícula biliar e articulações. Os cálculos são chamados urólitos quando são formados em qualquer segmento do trato urinário. A doença dos cálculos urinários ou a formação de “pedras” nos rins é uma doença comum, embora muitas vezes extremamente dolorosa.

A mineralização fisiológica que ocorre nos ossos e dentes envolve principalmente a formação de cristais de carbonato-hidroxiapatite $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH},\text{F})_2]$, onde o radical CO_3^{2-} substitui parcialmente o radical PO_4^{3-} . A vírgula entre os ditos radicais é um indicador da possibilidade de ocorrer a substituição referida.

Nas apatites biológicas, os iões HPO_4^{2-} e CO_3^{2-} podem entrar na estrutura da apatite substituindo o ião PO_4^{3-} , pelo que têm sido propostas duas fórmulas químicas gerais para as apatites biológicas:



Da combinação das duas fórmulas químicas anteriores resulta a fórmula geral:



A mineralização patológica tem expressão mais complexa em termos cristaloquímicos do que a mineralização fisiológica porque ela envolve a formação de carbonatohidroxiapatite e vários outros biominerais. A carbonatohidroxiapatite, que pode ser classificada como mineral e como biomineral dependendo do modo de formação, é o biomineral patológico mais omnipresente, frequentemente encontrado na aterosclerose, nefrocalcinose, condrocalcinose e outras calcificações ectópicas e, também, em cálculos renais e dentários.

Outros tipos de fosfato de cálcio, tais como brushite $[\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, whitlockite $[(\text{Ca}, \text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2]$ e fosfato de octacálcio $[\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ podem ocorrer em cálculos ou "pedras" nos rins.

Outros biominerais contendo cálcio e ainda fosfatos de cálcio são as formas monoclínicas e triclinicas de pirofosfato dihidratado $[\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ frequentemente associadas com condrocalcinose ou pseudogota em idosos.

As formas monohidratadas e dihidratadas de oxalato de cálcio, $[\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ e $[\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ respetivamente, são frequentemente encontradas em cálculos renais. Formas de carbonato de cálcio $[\text{CaCO}_3]$, raras em cálculos renais, são frequentes em cálculos da vesícula biliar, associadas a colesterol e bilirubinato de cálcio.

A forma de fosfato não cálcico, denominada struvite de composição química $[\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ é, também, frequentemente identificada em cálculos renais, é formada durante infeções. Ainda, outros biominerais podem ser encontrados com frequência em cálculos renais, tais como ácido úrico $[\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3]$, ácido úrico dihidratado $[\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, urato monossódico $[\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{NaO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ e urato ácido de amónio $[\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{NH}_4\text{O}_3]$.

O nome litíase é dado ao processo de formação de cálculos no corpo humano, que é um processo de calcificação biológica. A litíase é a causa de doenças conhecidas desde a Antiguidade, sendo as litíases mais importantes e mais frequentes, a litíase biliar e a litíase renal. Outros tipos menos frequentes de litíase são a litíase urinária e a litíase salivar.

Ossos e dentes.

No corpo humano, o osso é um tecido mineralizado composto por: ~ 60–70% de fosfato de cálcio, ~ 20–30% de material orgânico (composto por proteínas e lipídios) e ~ 10% de água. O fosfato de cálcio é a bioapatite, biomineral cuja composição é próxima à da carbonato-hidroxi fluorapatite, $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F})_2]$. Por sua vez, o componente orgânico compreende fibrilas de colagénio tipo I perfazendo ~ 90% do conteúdo total, e outras macromoléculas não colagénios perfazendo ~ 10%.

Há muita informação sobre a formação, estrutura, caracterização e mecanismos da calcificação biológica, particularmente sobre biominerais dos tecidos ósseos.

Os ossos, ligados entre si pelas articulações, moldam o corpo, sustentam os músculos e protegem os órgãos internos (cérebro, pulmões, coração, ...). O chamado esqueleto é um conjunto organizado de ossos fundamentais para a locomoção. O componente inorgânico do osso consiste, principalmente, de bioapatite (cerca de 67% da composição óssea total), a qual inicialmente depositada na matriz orgânica na forma de fosfato de cálcio, é depois transformada em hidroxifluorapatite que incorpora diversos teores de carbonato, estrôncio, enxofre, magnésio, sódio e flúor (3%). Cerca de 29% do osso é material orgânico composto por uma matriz intercelular calcificada e células (cerca de 1%). A matriz é composta por fibras de colagénio que é uma proteína. E, as células que fabricam a matriz óssea, chamadas osteoblastos, são responsáveis pela reabsorção do tecido ósseo.

Os dentes também são compostos constituídos por esmalte, dentina, cimento radicular e polpa, sendo os três primeiros tecidos biominerais duros, também formados por bioapatite, e o quarto é formado por tecidos moles. O esmalte, que é o tecido mais duro do corpo humano e que reveste a coroa do dente, é composto por cristais entrelaçados de bioapatite (cerca de 96%), matéria orgânica e água (cerca de 4%). A dentina fica por baixo do esmalte e é formada por bioapatite (cerca de 70%), colagénio e água (cerca de 30%). O cimento da raiz é um tecido semelhante ao do osso que envolve a superfície externa da raiz. A polpa é o tecido vascularizado que existe dentro do dente, coroa e raiz.

Cálculos ou “pedras”.

A hidroxiapatite, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F})$, entra na composição de ossos e dentes, mas também pode ocorrer como depósito patológico em tecidos humanos, como artérias, tumores, tendões e rótula. Outros biominerais podem ocorrer na forma de cálculos ou urólitos (geralmente chamados de “pedras”) dentro dos rins, vesícula biliar, uretra e bexiga como resultado de precipitação química quando certos elementos químicos na urina atingem estados de supersaturação.

A litíase renal é um problema de saúde comum que afeta cerca de 10% da população mundial.

Modificações nas dietas e o uso da litotripsia podem ser os meios para a eliminação das “pedras”. Para reduzir o risco de formação de “pedras” ricas em cálcio, é recomendada a ingestão de muita água hipossalina e dieta com teor reduzido de sódio e proteína.

As chamadas “pedras” podem exibir composição química, estrutura cristalina e morfologia distintas. As composições e estruturas que podem ocorrer nas “pedras” são as seguintes: oxalatos de cálcio, whewellite ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e weddellite ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), fosfato de cálcio, brushite, $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, carbonato de cálcio, calcite (CaCO_3) e urato de cálcio amorfo.

Entre os oxalatos de cálcio, weddellite é a forma mais frequente e que cristaliza no sistema tetragonal. Os oxalatos de cálcio são precipitados a partir de urina ácida ou pouco alcalina. Muitas substâncias inorgânicas e orgânicas, por exemplo, magnésio, citrato, hidroxicitrato, sulfato de condroitina, fitato, etc., são conhecidas por inibir a formação de cálculos, enquanto o baixo volume de urina, cálcio, oxalato e urato podem promover a formação de cálculos.

Verificou-se que a inibição aumenta na seguinte ordem: magnésio < citrato < hidroxicitrato < condroitina sulfato < fitato. Os inibidores mais eficazes referidos inibem particularmente a formação de oxalato de cálcio monohidratado.

Os fosfatos de cálcio são precipitados da urina alcalina, que pode ter origem em dietas ricas em vegetais e rica em fosfatos, mas que também pode representar uma condição patológica. Embora raros, os cristais de carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cistina (aminoácido que se forma em pacientes que sofrem de cistinúria), leucina, tirosina, bilirrubina e colesterol podem ser identificados nos sedimentos urinários. O cálcio está envolvido em todos esses compostos, entretanto, outro fosfato sem cálcio, a struvite, $\text{MgNH}_4(\text{PO}_4)6\text{H}_2\text{O}$, também pode ocorrer.

“Pedra” com composição distinta pode ser criada em diferentes órgãos do mesmo hospedeiro. A estrutura e a forma da referida “pedra” podem ser sólidas e ter uma superfície arredondada e lisa, piramidal, laminada, ramificada ou apresentar-se como agregados de areia. A fragmentação da “pedra” por meio de técnicas de litotripsia é particularmente difícil quando as “pedras” têm uma estrutura maciça e dura e são constituídas por oxalato de cálcio, sendo a fragmentação mais fácil quando as “pedras” são constituídas por urato de cálcio.

“Pedras” podem ocorrer ainda na vesícula biliar, bexiga, pâncreas e próstata. As “pedras” do pâncreas são compostas principalmente de carbonato de cálcio (calcite) associado a fosfato de cálcio, e acredita-se que sejam o resultado de alterações nas estruturas dos tecidos normais devidas ao cancro ou a diabetes.

Os urólitos de oxalato de cálcio são, entre todos os tipos de urólitos, os mais difíceis de quebrar e eliminar com as chamadas máquinas de litotripsia, porque são mais densos, mais homogêneos e mais duros. Pelo contrário, os urólitos de fosfato de cálcio são muito menos duros e mostram morfologias semelhantes às dos corais.

Há uma indicação médica de que a formação de urólitos renais está intimamente relacionada ao funcionamento dos rins. São os rins que eliminam o excesso de fósforo (P) e cálcio (Ca), de modo que em caso de doença renal crônica pode acontecer que o cálcio retido leve à formação de urólitos. Além do desconforto causado pela cólica renal e da morbidade de um número significativo de pacientes, a litíase renal é causa de custos socioeconômicos significativos, sejam diretamente relacionados com o tratamento, ou indiretamente relacionados com a perda de dias de trabalho.

Batata-doce.

Maria Alexandra Abreu Lima*, Maria Elvira Ferreira*, Claudia Sánchez*‡

*INIAV/I.P. | †ENFVN

A batata-doce, originária da América Central e do Sul, constitui, desde há milénios, parte da dieta alimentar dos seres humanos. A nível nacional, a procura de batata-doce tem vindo a aumentar, pois o consumidor valoriza as suas características organoléticas e nutricionais, ao que a produção tem correspondido, tendo em conta as condições edafoclimáticas favoráveis à cultura. Neste artigo referem-se alguns dados sobre a cultura desta espécie e o seu interesse alimentar.

De nome científico *Ipomoea batatas* (L.) Lam., a batata-doce é uma espécie dicotiledónea da Família das Convolvuláceas. A planta (FIGURA 1) tem um caule herbáceo, cilíndrico, predominantemente prostrado, com ramificações de tamanho, cor e pilosidade variáveis; folhas simples, com formato, recorte e cor variáveis e pecíolo longo.



FIGURA 1. Planta de batata-doce.

As raízes são de dois tipos: absorventes e de reserva (FIGURA 2). As raízes absorventes são abundantes e altamente ramificadas e as de reserva ou tuberosas podem ser redondas, oblongas, fusiformes ou alongadas. As raízes têm crescimento secundário e a pele (casca) é uma periderme produzida através de um outro meristema secundário — felogénio.



FIGURA 2. Raízes de batata-doce. 1 – Reserva ou tuberosas. 2 – Absorventes.

Nas raízes tuberosas, a cor da periderme varia de branco a roxo e a do parênquima de reserva (ou polpa) pode ser branca, amarela, laranja ou roxa (FIGURA 3).



FIGURA 3. Raízes de batata-doce, de diferentes cultivares, com formas e cores da periderme e do parênquima de reserva variadas.

Embora algumas populações usem as folhas para a alimentação, são as raízes de reserva que têm maior interesse para a alimentação e que se comercializam.

Cultura de grande consumo a nível mundial.

A batata-doce, que se pensa ser originária da América Central e do Sul, constitui, desde há milénios, parte da dieta alimentar dos seres humanos, havendo vestígios desta planta em cavernas peruanas que remontam há 10000 anos. A batata-doce terá sido trazida pela primeira vez para a Europa por Cristóvão Colombo, após a sua primeira viagem ao Novo Mundo. A sua posterior dispersão para outros continentes (África e Ásia) decorreu através de viagens de exploradores portugueses e espanhóis.

A nível mundial, a cultura da batata-doce tem grande expressão e importância alimentar, com uma produção estimada, em 2020, de cerca de 90 milhões de toneladas. É uma cultura de climas temperados, com 70% da sua área de cultivo entre as latitudes 20 a 40 graus Norte. Os 10 maiores países produtores mundiais são: China, Malawi, Nigéria, Tanzânia, Uganda, Indonésia, Etiópia, Angola, Estados Unidos da América e, por último, o Vietname. Quando comparada com outras zonas do globo, a produção de batata-doce no continente europeu, é reduzida, embora exista uma tendência para um aumento da área de cultura. Os principais países produtores são Espanha, Portugal, Itália e Grécia.

A cultura da batata-doce tem vindo a despertar um interesse renovado, nomeadamente em projetos de segurança alimentar e adaptação às alterações climáticas. Para as comunidades insulares do Pacífico, expostas a eventos climáticos extremos, a batata-doce, sendo uma cultura resiliente e de rápido crescimento, garante que as pessoas tenham acesso a alimento antes, durante e depois de desastres causados por alterações climáticas.

Para além deste aspeto, em termos de segurança alimentar, refiram-se os projetos que o Centro Internacional da Batata (CIP) e instituições parceiras têm vindo a desenvolver, em África e na Ásia. Estes projetos visam obter novas variedades de batata-doce de polpa alaranjada, biofortificadas, ricas em pró-vitamina A, através de melhoramento convencional. Em 2016, cientistas do CIP receberam o Prémio Mundial da Alimentação como reconhecimento do seu papel no uso de culturas biofortificadas, para melhorar os resultados nutricionais em populações com graves problemas de deficiência de vitamina A.

A cultura da batata-doce em Portugal.

A cultura tem tradição no Continente e nos arquipélagos dos Açores e Madeira, com uma área estimada de 1500 ha, em 2020.

Em Portugal Continental, a área de produção distribui-se pelo Ribatejo, Estremadura, Alentejo Litoral e Algarve. Nas regiões de Aveiro / Vagos, Oeste e Comporta, pelas condições edafoclimáticas favoráveis e pelo mercado em expansão, é uma cultura emergente.

A *Batata-doce de Aljezur* é uma Identificação Geográfica Protegida (IGP), que desde 2009 representa uma mais-valia para o produtor e para o consumidor da cultivar Lira, com forte

tradição local, excelente qualidade, polpa amarela e grande poder de conservação. Esta IGP tem produção circunscrita ao concelho de Aljezur e a cinco freguesias do concelho de Odemira (FIGURA 4).

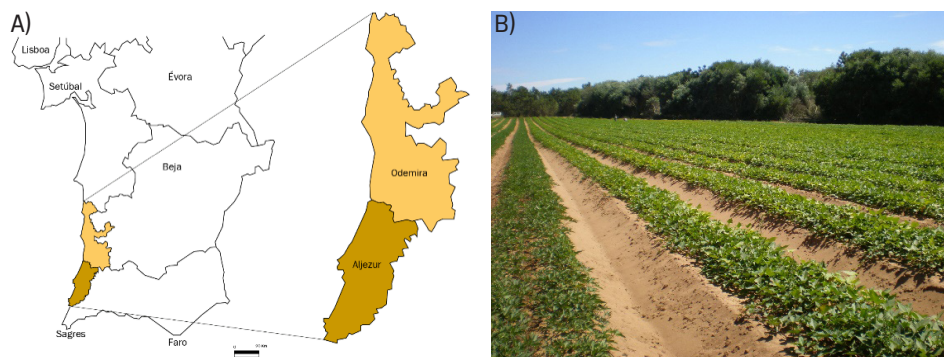


FIGURA 4. A) Área geográfica da IGP Batata-doce de Aljezur. B) Campo de produção de batata-doce Lira.

No arquipélago da Madeira, embora os registos históricos indiquem que a batata-doce foi introduzida no século XVII, vários investigadores acreditam que a sua produção nas ilhas da Madeira e Porto Santo, ter-se-á iniciado ainda durante o século XVI. A introdução da cultura a partir de várias proveniências geográficas e a sua perfeita adaptação às diferentes condições agroecológicas das ilhas e às práticas culturais implementadas pelos agricultores madeirenses, conduziu ao desenvolvimento e à preservação de uma grande diversidade de acessos que estão conservadas *ex situ* no Banco de Germoplasma da Madeira ISOPlexis / Germobanco. Neste arquipélago, entre outras formas cultivadas de variedades, estão descritas as seguintes: Amarela, Brasileira, 5 Bicos, Inglesa, Cabeira e Cabreira Branca do Porto Santo.

As raízes tuberosas das diferentes variedades tradicionais de batata-doce da Madeira, possuem características morfológicas próprias (como o formato e a coloração da periderme e da polpa) que as distinguem, sendo-lhes atribuída valorização comercial diversa, sobretudo em função das suas propriedades nutricionais e organolépticas específicas.

A cultura da batata-doce no arquipélago dos Açores terá sido introduzida desde o princípio do seu povoamento, sendo designada como *batata-da-ilha*. O seu cultivo terá ocorrido desde o século XVI em São Miguel e na Terceira, e ter-se-á expandido para as ilhas das Flores e Corvo, na segunda metade de 1800. No Arquipélago dos Açores, apesar de não existir uma inventariação e identificação das cultivares de batata-doce produzidas na região, decorrem estudos sobre algumas delas, tendo sido avaliadas, em 2020, as cultivares *Pai*, *Estrela* e *Abóbora*.

Composição nutricional da batata-doce e benefícios do seu consumo.

A batata-doce, além de ser uma ótima escolha para uma alimentação saborosa e saudável, é um alimento muito versátil, já que pode ser consumida assada, cozida, frita, em puré ou em outras utilizações. É usada como acompanhamento em pratos de carne ou peixe (cozida ou assada) e como sobremesa (base de recheio de doces e pastéis).

A raiz da batata-doce é um alimento com um valor energético considerável, cerca de 120 kcal/100 g. Possui como principal macronutriente os hidratos de carbono (28 g/100 g), dos quais cerca de 30% são açúcares e o resto amido. Está praticamente isenta de gorduras e a percentagem de colesterol é nula. Apesar de a batata-doce ser um alimento pobre em proteínas (1–3 g/100 g), é muito rica em fibra alimentar (2,7 g/100 g). A sua riqueza em fibra contribui para minimizar a absorção de colesterol a nível do intestino, ajudando na prevenção de doenças cardiovasculares. Além disso, estimula o funcionamento do trânsito intestinal.

Quanto ao seu conteúdo em minerais, pode destacar-se o potássio em maior proporção, pelo que o consumo de batata-doce ajuda a regular a pressão arterial e os batimentos cardíacos. Outros minerais presentes em quantidades relevantes são o fósforo, cálcio, sódio, magnésio, ferro e zinco.

Em relação à presença de vitaminas, é de destacar a riqueza da batata-doce em pró-vitamina A, seguida de vitamina C. Contém também quantidades significativas de vitaminas do complexo B, especialmente as B1, B2 e B6, vitamina E e ácido fólico.

A batata-doce possui importantes antioxidantes, que combatem os radicais livres no organismo e ajudam a bloquear determinadas gorduras. A concentração destes compostos bioativos varia entre cultivares. Por exemplo, as cultivares de batata-doce de polpa branca amarelada, amarela ou laranja apresentam diferentes conteúdos em carotenoides, já as de polpa roxa, contêm um elevado teor em antocianinas.

Finalmente, importa ressaltar o facto de a batata-doce possuir um índice glicémico muito baixo. Isto significa que os seus hidratos de carbono são de digestão lenta, o que se traduz num menor impacto no aumento da glicémia de quem a consome. Esta propriedade, somada ao elevado teor em fibra, faz da batata-doce um alimento saudável, muito aconselhado para diabéticos, desportistas e pessoas com atividade física intensa.

Biopesticidas: desafios para a investigação.

Sara Rodrigues*, Bárbara S. Diogo*, Sara C. Antunes*, Ivan Lourenço‡

* CIIMAR/ U. Porto | † Casa do Casal Sociedade Agrícola, Lda.

Biopesticidas são formulações feitas a partir de materiais naturais (animais, plantas, bactérias ou minerais) que se destinam a matar ou controlar pragas (insetos), através de mecanismos de ação mais específicos, e ambientalmente amigáveis, em alternativa ao uso de pesticidas sintéticos. O uso de biopesticidas é crucial em programas de proteção integrada (PPI), por serem considerados produtos fitofarmacêuticos (PFFs) biológicos (bioPFFs) que protegem culturas contra pragas, através de uma abordagem eficiente, mais natural e ambientalmente sensível. No entanto, a avaliação e validação de novas metodologias deve ser considerada para estimar adequadamente a potencial toxicidade dos bioPFFs, com respostas biológicas que envolvam vários níveis de organização biológica.

A agricultura representa um dos setores mais importantes da economia de um país. Com o crescimento da população humana, associado ao aumento do consumo de alimentos *per capita*, tem ocorrido um aumento das necessidades alimentares. Por conseguinte, observou-se uma expansão das áreas agrícolas e, consequentemente, uma maior utilização de produtos fitofarmacêuticos (PFFs), onde se incluem os pesticidas sintéticos, para combater várias pragas agrícolas. Desde a década de 90 que se tem observado uma crescente preocupação com uma produção agrícola mais sustentável e equilibrada com ciclos naturais dos ecossistemas, o que levou a uma crescente tendência de substituição de PFFs sintéticos por biopesticidas (bioPFFs). Desde 2015 que a América do Norte constitui o maior mercado de bioPFFs, enquanto a Europa ocupa a segunda posição nesta utilização. Se o mercado de vendas dos bioPFFs continuar a crescer, espera-se que o número de vendas destas alternativas ecologicamente mais sustentáveis iguale o mercado de vendas dos seus homólogos sintéticos, nos próximos 20 a 30 anos (FIGURA 1).

Os bioPFFs, por serem de origem natural ou biológica são considerados mais “amigos do ambiente”, e dividem-se em três categorias: i) substâncias naturais que controlam pragas — pesticidas bioquímicos; ii) microrganismos (bactérias, fungos, vírus ou protozoários) que controlam pragas — pesticidas microbianos; e iii) substâncias pesticidas produzidas por plantas contendo material genético adicionado — protetores incorporados em plantas.

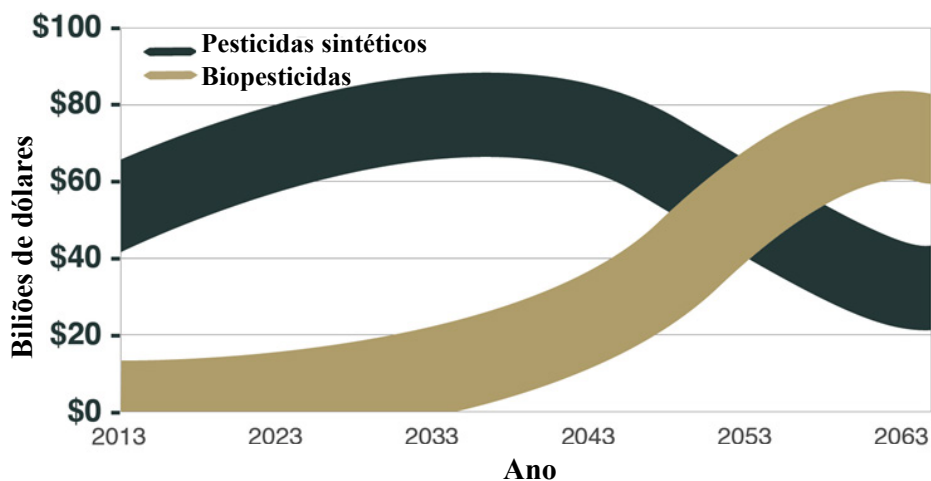


FIGURA 1. Estatísticas e previsões para o mercado global de pesticidas sintéticos e biopesticidas até 2063.

Nota: 100 bilhões de dólares (10⁹, americanos) = 100 mil milhões de dólares (10¹², europeu).

Após autorização pelos Estados-Membros da União Europeia (UE) os bioPFFs têm sido cada vez mais utilizados na agricultura convencional e orgânica (biológica), pelo que o seu impacto ambiental pode estar a ser desvalorizado, mesmo que atualmente já reconhecido. Por outro lado, as áreas dedicadas à agricultura orgânica têm aumentado, pelo seu reconhecimento em termos de segurança alimentar global (na UE, a área disponível para agricultura orgânica aumentou 46% entre 2012 e 2019; EUROSTAT); contudo tendo em conta o crescente aumento populacional e necessidades alimentares, esta não é ainda, considerada sustentável.

A organização com responsabilidades mais importantes na área de bioPFFs é a *Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico* (OCDE), através de seu *Grupo de Especialistas em Biopesticidas* (anteriormente conhecido como *BioPesticides Steering Group*). Este grupo lidera as ações para promover uma abordagem coerente dos limites reguladores de biopesticidas, de forma a estabelecer documentos de orientação e, ao mesmo tempo, facilitar a comunicação, disseminação e partilha de conhecimento, entre os vários intervenientes da área. Outras organizações importantes nesta temática incluem a *Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação* (FAO), a *Organização Mundial da Saúde* (OMS), a *Organização Internacional de Controle Biológico* (IOBC) e a *Organização Europeia e Mediterrânea de Proteção Vegetal* (EPPO).

No entanto, o líder mundial na regulamentação de biopesticidas é a *Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos* (EPA), por meio da divisão de *Biopesticidas e Prevenção da Poluição*, criada em 1994, para o registo e autorização dos mesmos. Apenas mais tarde, em 2000, o Departamento de Agricultura dos EUA criou os centros regionais para *Programas de Proteção Integrada* (PPI). A nível Europeu, em 2002, foi criada a *Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar* (EFSA) (Regulamento (CE) n.º 178/2002), que tem como missão ser uma fonte independente de aconselhamento científico, avaliação e comunicação dos riscos na utilização de

biopesticidas associados à cadeia alimentar. Em 2009, os estados membros da UE adotaram a diretiva EC 2009/128 sobre o uso sustentável de PFFs, visando reduzir os riscos e impactos do uso de pesticidas sintéticos, na saúde humana e no meio ambiente, promovendo também o uso de PPI.

Os bioPFFs são compostos importantes em PPI, uma vez que contribuem para a redução do risco de resistência a PFFs sintéticos, do risco de exposição para produtores agrícolas, bem como para uma maior segurança alimentar (em termos de resíduos destes compostos nos alimentos). Atualmente, cerca de 1400 bioPFFs estão aprovados em todo o mundo, embora um número muito menor de autorizações seja considerado na Europa (cerca de 60 produtos) devido ao exigente sistema regulador. A procura de biopesticidas está em constante desenvolvimento, pois constituem alternativas mais benéficas em termos de segurança ambiental, para substituir muitas substâncias ativas, que potencialmente serão excluídas a médio e longo prazo, considerando os requisitos impostos pelas entidades reguladoras. No entanto, a sua extensa aplicação ao longo dos anos, pode estar a resultar na sua acumulação nos diversos compartimentos ambientais, afetando, para além dos insetos (polinizadores), organismos terrestres, aquáticos, e até os produtos finais (alimentos) (FIGURA 2). Apesar de serem na sua maioria fotodegradáveis, os resíduos de bioPFFs podem afetar os vários ecossistemas, pois já foi demonstrado que podem adsorver a matéria orgânica e solo/sedimento, devido à ausência de luz. Além disso, as várias formulações comerciais contêm estabilizantes (excipientes) que podem retardar a hidrólise e as taxas de fotodegradação.

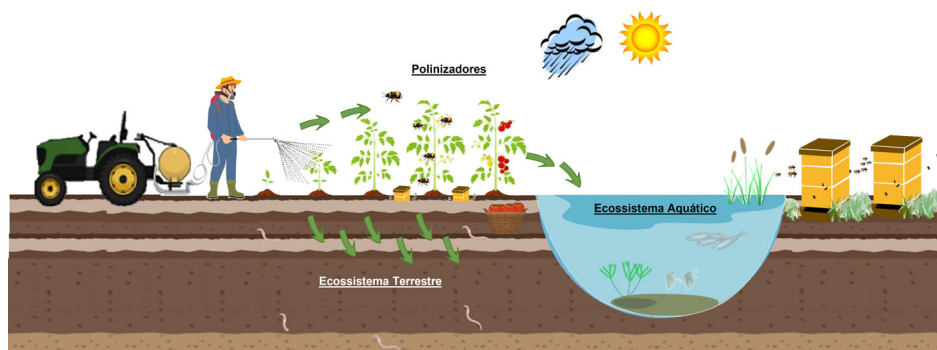


FIGURA 2. Representação esquemática das principais vias responsáveis pelo impacto de biopesticidas nos diferentes compartimentos ambientais.

Ao longo dos anos, um aumento global da utilização de bioPFFs sobre PFFs sintéticos tem sido observado, (FIGURA 1), sendo que os bioinseticidas representam metade da participação total deste mercado. As primeiras utilizações de bioPFFs datam de 1800, onde esporos de fungos foram usados para controlar pragas de insetos. No entanto, o primeiro bioinseticida reconhecido pelo mercado de biopesticidas (na Índia), foi a nicotina, no século XVII, para controlar o besouro da ameixa, em estufas. De seguida surgiram as piretrinas (extraídas de flores do gé-

nero *Chrysanthemum*) que foram usadas em sprays domésticos e industriais. Com 80% das vendas globais, as piretrinas naturais são líderes mundiais no mercado de bioinsecticidas, devido à sua elevada eficiência, sendo utilizadas em mais de 2000 formulações comerciais, com várias aplicações (agricultura, veterinária e aquicultura). De acordo com o relatório AGROW (*New Developments in Crop Protection Product Formulation*) sobre biopesticidas, divulgado em 2019, a maior participação no mercado de vendas de biopesticidas em 2020 incidiu sobre os bioinsecticidas (47%).

Formulações de biopesticidas — desafios para a investigação e perspectivas futuras.

Alguns estudos sugerem que alguns biopesticidas podem ser tão eficientes (como pesticidas sintéticos (dimetoato, piretróides e neonicotinoides, como o imidaclopride). Se os biopesticidas são eficientes contra pragas, possivelmente também são bioativos ao atingir o solo e compartimentos aquáticos, uma vez que algumas vias metabólicas e funções fisiológicas são conservadas evolutivamente, entre organismos (alvo e não-alvo). Portanto, é essencial obter mais informação sobre a potencial toxicidade ambiental dos biopesticidas. Mais ainda quando estes têm apenas de cumprir requisitos mínimos para autorização e comercialização de PFFs pela UE (regulamentos da Comissão da UE — n.º 1107/2009; n.º 283/2013; n.º 284/2013) tais como avaliação da inibição do crescimento, reprodução, mortalidade; valores de toxicidade (NOEC — Concentração sem efeito tóxico observado; LOEC — Concentração mais baixa com efeito tóxico observado; e ECx — concentração de efeito na qual ocorreu x% efeito tóxico) podendo ser insuficientes para uma avaliação de risco ambiental (ARA) adequada e consistente. Neste sentido, várias linhas de investigação têm de ser definidas (FIGURA 3) numa avaliação integrada que inclua parâmetros mais sensíveis e ferramentas de alerta precoce (parâmetros sub-individuais: biomarcadores moleculares, celulares), para evitar e prevenir danos em níveis organizacionais mais elevados (respostas individuais ou populacionais que se refletem pela inibição do crescimento, reprodução ou mortalidade).

Estudos prévios sugerem que uma ARA adequada para bioPFFs pode ser obtida através do seu refinamento com base em investigações ecotoxicológicas interdisciplinares, incluindo áreas como biologia molecular e celular, bioquímica, genética, agronomia, fisiologia, ecologia, toxicologia e ciências ambientais (FIGURA 3). No entanto, as informações obtidas nessas diferentes áreas de pesquisa ainda são muito escassas e dispersas, o que não nos permite entender o real impacto dos bioPFFs nos ecossistemas. Tem sido altamente recomendada a avaliação e validação de novas ferramentas ecotoxicológicas, com organismos não-alvo (peixes, invertebrados de água doce, polinizadores), para avaliar adequadamente a potencial toxicidade dos bioPFFs (FIGURA 3), com respostas biológicas que vão desde os níveis moleculares até ao nível do organismo/população.

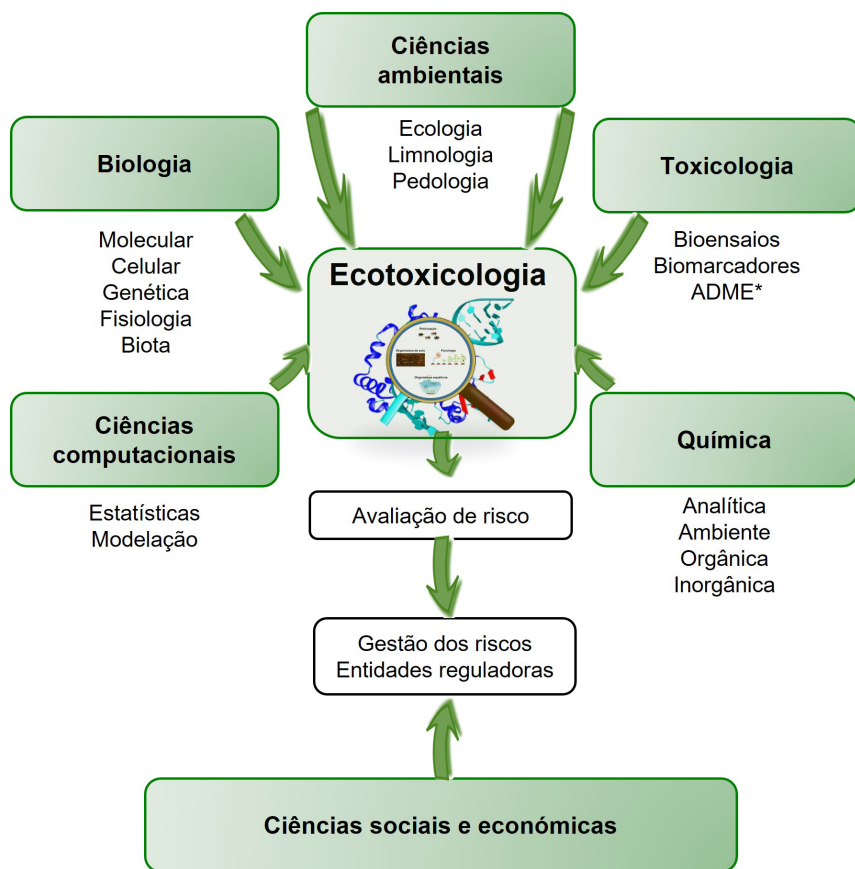


FIGURA 3. Investigação interdisciplinar essencial para a avaliação e gestão de riscos, e consequentes decisões regulatórias, através da avaliação de impactos dos biopesticidas para os diferentes ecossistemas.

No entanto, existem várias críticas sobre o processo de validação e aprovação de bioPFFs, observando-se que diferentes partes interessadas (produtores, indústria, legisladores) têm opiniões diferentes. A conclusão é que apesar da UE recomendar um quadro regulamentar para a sua estratégia de proteção das culturas, com requisitos bem definidos, é necessária uma caracterização mais completa e consistente dos bioPFFs, com metodologias e análises de resultados mais claras, com melhor monitorização dos processos de validação e atualização das ferramentas de avaliação de toxicidade. Nesta perspetiva, os avanços do conhecimento científico devem garantir a sustentabilidade e equilíbrio dos compartimentos ambientais (solo, água e ar), a médio e a longo prazo.

Agricultura biológica.

Excertos.

Roberto Salema

U. Porto

ARTIGO

26

É um facto bem conhecido que as sociedades evoluem, criando novos quadros de conceitos, valores e interesses. Nos começos do século passado deram-se rápidas alterações nas sociedades desenvolvidas, particularmente com preocupações relativas aos perigos afetando o nosso Planeta e assuntos conexos ligados a esse tema de grande importância.

Também é conhecimento corrente que a atividade humana que mais interfere — e prejudica — a Natureza é a Agricultura. De facto, esta atividade humana tem implícita a necessidade de ocupar terrenos, eliminando o que lá estava, modificando os *habitats* naturais, nomeadamente por vezes com a total destruição de florestas.

A Agricultura teve que tomar um desenvolvimento em larga escala para fazer face ao descontrolado aumento da população humana, para mitigar a fome atávica de certas regiões, tendo isso sido possível com a chamada *Revolução Verde*. Esta nova etapa da Agricultura Moderna ficou a dever-se fundamentalmente a Norman Borlaug, considerado o “Pai” destas novas práticas intensivas e galardoado com o Prémio Nobel (1970). O valor desta nova via de exploração agrícola ficou bem demonstrado quando em 1966–1967 permitiu abastecer 60 milhões de pessoas da região de Benguela, na Índia, que se encontravam em situação de carência alimentar fatal.

Como decorrência dos reconhecidos efeitos que a agricultura intensiva impunha ao ambiente, surgiram propostas de outras vias que pretendiam contrariar essas consequências prejudiciais, dando origem ao aparecimento daquilo que ficou conhecido por Agricultura Orgânica.

De acordo com a Legislação Europeia e portuguesa aplicável em Portugal, este tipo de Agricultura recebe a designação de Agricultura Biológica (AB) podendo ser usada apenas a forma reduzida “Bio”, estando a designação Agricultura Orgânica (AO) oficializada para o Brasil, embora também se utilize entre nós. Merece a nossa melhor atenção uma entrevista recentemente publicada no jornal alemão *Frankfurter Allgemeine Zeitung* ao Dr. Urs Niggli. Este cientista é conhecido como um forte defensor da AB/AO. É Diretor do *Research Institute of Organic Agriculture*, sediado na Suíça e professor na Universidade de Kassel.



FIGURA 1. Norman Borlaug.

Nesta entrevista, Niggli defende que a AB/AO poderá usar organismos geneticamente modificados (GMO) agora que está disponível uma técnica de intervenção no genoma com grande precisão a CRISPR.

Vale a pena transcrever, em tradução livre, um parágrafo interessante dessa entrevista. *“Não podemos sonhar acordados e ser felizes na “biobolha”! Se mudássemos completamente para agricultura orgânica a produtividade desceria fortemente. Então teríamos de importar uma muito maior quantidade de alimentos e assim exportar impactos ambientais para outros países... Isto teria efeitos catastróficos na biodiversidade... A associação de elevada produtividade e de sustentabilidade é maneira de ir hoje em dia. Implica mais do que orgânica.”*

Os métodos da AB/AO estão internacionalmente regulados pela *International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM)* criada em 1972 — e foram aprovados por cerca de 117 países.

Em 2019, a área mundial ocupada por Agricultura Orgânica é indicada pelo respetivo *lobby* como sendo aproximadamente 70 milhões de hectares, representando 1,4% de toda a área agrícola.

A História da evolução da agricultura mostra como os conhecimentos práticos dos agricultores e dos avanços da ciência contribuíram para aumentos sucessivos da produção de alimentação.

A descoberta dos adubos químicos foi fundamental para o aumento da produção agrícola. Segundo a FAO (*Food and Agriculture Organization – UNESCO*) o contributo dos referidos adubos para o aumento da produção agrícola ronda os 60% sendo o resto devido a avanços na

genética, combate a pragas, regadio, drenagem. Só para se ter uma perspectiva do espetacular aumento da produção agrícola e recorrendo novamente à FAO, sabe-se que em 1840 (em que não havia adubos minerais) a produção média de trigo na Europa era cerca de 650 kg/ha, já em 1950 passou para 1500 kg/ha e presentemente ronda os 4000 kg/ha.

Nem tudo que reluz é ouro.

Há um estudo feito pela Universidade de Cranfield, Reino Unido, de 2003 a 2005, onde se podem encontrar comentários de interesse. Aí pode ler-se que a produção orgânica exige sempre área agrícola maior, de 65% a 200%, sendo as culturas mais exigentes o trigo (200% ou +) e as batatas (160%).

Em relação à produção animal, os dados apontam para exigências de terreno ainda maiores, pois para frangos orgânicos admite-se ser preciso o dobro da área, para suínos um quarto mais e para bovinos três vezes mais.

Trabalho da Universidade de Oxford, em 2012, veio mostrar que, em alguns casos, o processo orgânico é pior para o ambiente, como no caso de leite, cereais e suínos produzindo mais elevados gases de estufa, mas a produção de bovinos e de azeite apresentavam valores inferiores em comparação com os processos convencionais. Como conclusão geral, pode dizer-se que gastam menos energia, mas exigem mais terreno agrícola.

Uma forte crítica apresentada por vários setores anti-agricultura orgânica, afirma que tal processo agrícola, devido à exigência de maiores extensões de terreno para cultivo, levaria tendencialmente à destruição das florestas tropicais e iria fazer desaparecer muitos ecossistemas. A AB/AO é considerada um luxo, acessível aos que têm poder de compra para pagar alimentos mais caros e que se sentem bem por um tipo de “efeito placebo” e que não deveria ser incrementado o seu uso devido precisamente à menor produção que a caracteriza.

A AB/AO utiliza correntemente o chamado “estrume”, o que leva ao risco de contaminar produtos com bactérias aí presentes, incluindo estirpes patogénicas de *Escherichia coli* que já causaram situações fatais por consumo de produtos da AB/AO. Certamente muitos ainda terão memória do grave incidente ocorrido na Alemanha, em 2011. Cerca de 4000 pessoas foram contaminadas por *E. coli* veiculadas por alimentos de AB/AO tendo aproximadamente 800 desenvolvido situações de doença prolongada e 53 morreram.

Na União Europeia a AB/AO é muito subsidiada, constituindo basicamente o principal motivo atrativo para muitos dos que adoptam esta via de produção de alimentos, geralmente sobrepondo-se à ideia de uma eventual proteção do ambiente. Os subsídios atribuídos são na verdade bastante atrativos, chegando a várias centenas de €/ha. Dados disponíveis indicam que a UE disponibilizou 387 milhares de milhão de € para o período 2021–2027, para apoiar a AB/AO, verba indiscutivelmente considerável.

Outros mitos e outras realidades.

Food Snobery.

A grande evolução social das últimas décadas levou ao surgimento de novos conceitos numa certa franja da população, com uma visão e exigências extremistas que se costumam agrupar na chamada *Food Snobery*. A expressão é correntemente usada para designar as pessoas das sociedades ricas, geralmente residentes em grandes cidades — por alguns designados por “urbanoides” — que exageram nas suas escolhas alimentares — e disso fazem gala — apregoando que só utilizam produtos naturais, livres de contaminantes e substâncias nocivas, grandes consumidores de produtos ditos biológicos, ou orgânicos, nunca alimentos que tenham GMO, isentos disto e daquilo, etc., reclamando a obrigatoriedade da afixação de rótulos detalhados, capazes de permitirem aquilo que designam por uma “Escolha Informada”. Esta fileira de pessoas, caracteristicamente de um estrato socio-económico elevado, insinua uma ideia de superioridade que os distingue dos “outros”, vendo-se como detentores da verdade, não só na área daquilo que ingerem como em diversas facetas sociológicas.

A lista de casos relacionados directamente com este posicionamento mental é extensa e curiosa e merecem uma análise cuidada.

A título de exemplo refira-se o caso de Batas Fritas Bio/Orgânicas ao lado de embalagens correntes, mas o preço chega a ser 32% mais elevado! É difícil aceitar que este considerável aumento traga qualquer benefício para o comprador, pois não há estudos credíveis que suportem a apregoada “composição melhorada” ou “benefícios para a saúde”. Admitindo que os fabricantes destas batatas acreditam que elas provêm de campos onde se pratica a AB/AO, bem como os óleos usados na fritura, é sabido que a fiscalização das práticas desse tipo de agricultura é muito laxa e não pode dar garantias absolutas. Acresce que são grandes empresas que produzem essas batatas fritas e todos temos presentes casos de grandes empresas — de nome bem conhecido muitas delas — que colocaram os seus lucros acima da verdade na publicidade usada e, por vezes, acima da saúde dos consumidores até terem sido desmascaradas.

Há numerosos casos de Rótulos que merecem comentários.

E há também os Food Zelots.

Os membros desta fileira reclamam-se de uma posição de elevada superioridade face aos “outros”, apregoando uma pureza de princípios, que baseiam em factos controversos e em dados de pseudociência, apresentando-se como um estrato socio-económico que proclama a preservação da Natureza e a salvação do Planeta. São paradigmaticamente *vegan*, ou veganos de acordo com a proposta tradução portuguesa, advogando uma forma extrema de Vegetarismo. Este movimento tem raízes antigas, atribuídas ao filósofo grego Pitágoras, no século VI a.C., por admitir que os animais possuíam alma, pelo que não deveriam ser usados como alimento.

Perfurações da membrana timpânica.

Jéssica Sousa*, Orlando Queirós ‡, David Tomé*

*DA/ CIR/ ESS-P. Porto | ‡CCV/ AEA

A perfuração da membrana timpânica (MT) é um problema otológico relativamente frequente nos dias atuais, causada, na maioria das vezes, por traumatismos. Esta patologia provoca comprometimento da impermeabilidade da membrana que separa o ouvido externo do médio, sendo que a colocação de um fragmento de celulose bacteriana tornou-se um método eficaz para a recuperação anatômica e fisiológica.

O tímpano (FIGURA 1) é uma membrana muito fina e semitransparente com um formato arredondado e côncavo, situada na profundidade do canal auditivo externo, que separa o ouvido externo (pavilhão auricular e canal auditivo externo) do ouvido médio (cavidade onde ficam os ossículos — martelo, estribo e bigorna), sendo assim importante para a audição e para a proteção contra a entrada de agentes infecciosos. O tímpano, por ser uma estrutura importante na transmissão do som do meio externo para o interior do ouvido, transforma o som em energia vibratória, sendo essa vibração transmitida para os ossículos que, depois, a transmitem à cóclea (responsável pela transformação do som de energia hidromecânica em energia elétrica para o nervo auditivo). Se o tímpano estiver perfurado, as ondas sonoras não serão transmitidas, levando a uma diminuição da capacidade auditiva surgindo, na maioria das vezes, uma perda auditiva de grau ligeiro (21–40 dB) a moderada (41–70 dB) sendo que, em alguns casos, se houver uma lesão na cadeia ossicular, pode chegar a grau severo (71–90 dB). Uma perfuração timpânica pode ser diagnosticada pelo médico ao examinar o ouvido com um otoscópio.

Pode ocorrer de forma espontânea ou traumática, sendo que na primeira há uma infecção chamada otite média, que se caracteriza pelo acumular de secreções no interior do ouvido médio, aumentando a pressão e provocando isquemia e necrose da membrana timpânica. Como resultado, o paciente sente dor seguida de secreção purulenta; já a perfuração traumática pode-se dar pela inserção de objetos dentro do canal auditivo (cotonetes ou protetores auriculares) ou pela concussão ocasionada por uma forte pressão que atinge a membrana timpânica (trauma acústico). Como consequência dessa perfuração pode haver perda auditiva geralmente de transmissão (quando o som é bloqueado e não consegue alcançar as estruturas sensoriais do ouvido interno), acompanhada por plenitude aural, zumbido, autofonia e otites.

A perda auditiva sentida pelo paciente torna-se mais intensa quanto maior for a perfuração, piorando nas frequências mais graves. Outra forma de perfuração da MT é o chamado barotrauma (uni ou bilateral) que se caracteriza por lesões derivadas da mudança súbita de pressão (por atividades aquáticas ou aéreas) que pode causar dor, plenitude aural (sensação de ouvido cheio) e infecções do ouvido médio.

A maioria das perfurações timpânicas cicatrizam-se sozinhas, não deixando nenhuma seqüela, desde que o paciente siga com as recomendações médicas (manter o ouvido seco). No entanto em alguns casos, será necessária cirurgia para reparar o tímpano (timpanoplastia), mas dependendo do trauma, os ossículos podem estar comprometidos e, nesse caso, o procedimento cirúrgico tem como função corrigir esses danos.

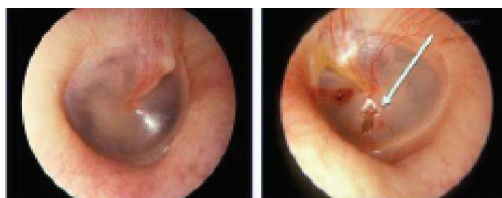


FIGURA 1. Tímpano normal à esquerda e perfuração timpânica à direita.

A celulose bacteriana (FIGURA 2) é um polissacarídeo de origem microbiana que é bastante estudada, devido às vantagens que traz a sua obtenção, entre elas: a produção independente das condições climáticas, a possibilidade de utilização de matéria-prima regional, o aumento da rapidez na produção de um produto escasso e a diminuição do custo das infraestruturas. Este polímero apresenta uma alta regularidade estrutural devido ao rígido controle dos parâmetros de fragmentação e à especificidade do microrganismo utilizado que leva a uma maior uniformidade das suas propriedades físicas e químicas.

Em relação à estrutura fibrosa, a celulose bacteriana difere da celulose vegetal, o que desperta um interesse maior não só na aplicação em/a novos campos, mas também no desenvolvimento de métodos para a sua produção em larga escala. As suas propriedades mecânicas, bem como as suas micro e macroestruturas, são influenciadas pelas condições de fermentação durante a síntese, pela estirpe da bactéria utilizada e pelo tratamento após a síntese, sendo que, a porosidade da celulose bacteriana pode ser adaptada, variando as condições fisiológicas de crescimento, tais como: o pH, a temperatura e a composição do meio de cultura.

A celulose bacteriana possui algumas propriedades que são consideradas as mais importantes, entre elas: a sua morfologia que é caracterizada por uma estrutura de rede fibrosa tridimensional, sendo constituída por microcanais de tamanho variável; a sua hidrofiliçidade, visto ser capaz de absorver 100 vezes a sua própria massa em água e a sua cristalinidade, que pode ser influenciada pelo arranjo molecular cristalográfico. Este polímero, para além destas características, também apresenta um elevado módulo de elasticidade, um elevado grau de prolifere-

ração, uma permeabilidade e porosidade elevadas, uma excelente resistência mecânica e uma elevada área superficial.

A síntese de celulose bacteriana ocorre mediante a inoculação de um microrganismo em um meio de cultura propício ao seu crescimento, sendo que, de acordo com as condições de cultivo, existem dois métodos capazes de a sintetizar: o método de cultivo estático, em que a celulose é sintetizada na forma de uma película gelatinosa e o método de cultivo agitado, em que a celulose é obtida com tamanhos e formas variadas. O processo de formação da celulose em condições estáticas é o mais recomendado na área industrial por levar a um aumento da sua produtividade, visto ser regulada pela quantidade de oxigênio que entra em contacto com a superfície do meio e pelo tempo de fermentação, tendo em atenção que as bactérias não sintetizam este polímero se houver insuficiência de oxigênio.

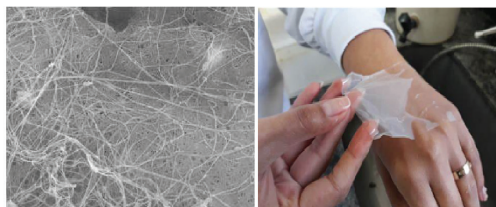


FIGURA 2. Fibras nanométricas da celulose bacteriana à esquerda e película de celulose bacteriana à direita

Para fechar a perfuração da membrana timpânica, a aplicação de um fragmento de celulose bacteriana (FIGURA 3), tornou-se atualmente uma alternativa viável. É uma técnica segura, de baixa toxicidade, biocompatível, capaz de favorecer o crescimento e a diferenciação celular dos tecidos, favorecendo assim o processo de revascularização e epiteliação da membrana timpânica.

No tratamento da perfuração timpânica existem dois procedimentos cirúrgicos, a timpanoplastia, que tem como função regenerar a membrana timpânica, controlar a infecção e melhorar a audição. E existe a aplicação de um fragmento de celulose bacteriana, sendo esta destacada pela sua alta eficácia. Existem fatores importantes em ambas as técnicas que podem influenciar o sucesso da cirurgia ou do enxerto, entre eles: a idade do paciente, a localização da perfuração, o funcionamento do canal auditivo, o estado da mucosa do ouvido médio, o tipo de película utilizada e a experiência do cirurgião.

Na membrana timpânica o processo de cicatrização ocorre pela proliferação do epitélio escamoso queratinizado e pela sua camada mais externa (camada córnea), sendo esse crescimento seguido para o interior das bordas da perfuração até ao ouvido médio. Um exemplo atual no mercado é o fragmento de película de celulose bacteriana *Bionext*[®] sobre a aérea lesada do tímpano, com o intuito de oferecer uma recuperação funcional imediata, promovendo assim, o alívio dos sintomas.

A película *Bionext*[®] advém da fermentação de bactérias *Acetobacter xylinum* e é uma substância inerte, muito resistente e insolúvel em solventes orgânicos, tendo como características

específicas a permeabilidade definida a líquidos e gases e a resistência à tração e alongamento. Este fragmento foi recentemente usado como enxerto para a pele, sendo útil para curativos em lesões por queimaduras, dermabrasões ou áreas doadoras de pele, mas também já foi usado como substituto de meninges.

Vários cientistas avaliaram a resposta do epitélio da MT e da mucosa da cavidade timpânica em cobaias submetidas à perfuração timpânica, que receberam implantes de películas de celulose, e mostraram que a cicatrização com esse material ocorre de forma similar à espontânea, sem provocar nenhum dano tecidual e levando a uma recuperação funcional.

Todavia, a película de celulose, apesar de ser um material biológico e inerte, pode ter um risco para a saúde do paciente, visto poder provocar uma reação alérgica inflamatória, facto esse que só acontece se o paciente for alérgico ao composto da celulose.

O paciente, ao ser submetido à colocação do fragmento de celulose bacteriana, terá um retorno agendado para 30 dias após a primeira consulta para reavaliação da otoscopia e do quadro clínico, sendo que, durante esse período de tempo, será orientado a proteger a orelha acometida do contacto com a água, mas em caso de queixas o paciente poderá retornar a qualquer momento.



FIGURA 3. Otoscopia de pacientes, à esquerda mostra a perfuração e à direita apos a colocação da membrana de celulose.

A perfuração timpânica (FIGURA 1) mesmo sem tratamento é conhecida por ter um bom prognóstico e uma recuperação espontânea; no entanto, enquanto se espera a cicatrização da membrana, o paciente terá que conviver com os sintomas causados pela perfuração, mas com a aplicação da película de celulose bacteriana esse desconforto é minimizado levando a uma melhoria dos seus sintomas, tornando-se, assim, uma opção de tratamento bastante efetiva e sustentável.

A aplicação da película de celulose bacteriana tem-se mostrado um procedimento inócuo, com baixo índice de complicações, bem tolerado pelos pacientes e com nítida melhoria dos sintomas e dos limiares auditivos, sendo uma boa alternativa para o tratamento clínico enquanto se espera a cicatrização da membrana timpânica, promovendo assim uma rápida recuperação.

Rochas sedimentares e metamórficas.

Edite Bolacha

Escola Secundária D. Dinis/ Lisboa

ARTIGO

34

As rochas que se observam na atualidade na costa sudoeste de Portugal, maioritariamente metamórficas de baixo grau, relacionam-se com as suas antepassadas sedimentares, cujos processos de formação só foram reconhecidos na primeira metade do séc. XX. Com efeito, os processos sedimentares e metamórficos podem ser descritos como se de um filme se tratasse e não de forma fragmentada pois, nos processos geológicos, apesar de haver paragens no tempo, tudo está muito interligado.

Muitos processos geológicos que atualmente conhecemos começam por ser estudados a partir dos efeitos que produziram e que se encontram materializados nas rochas, nos seus minerais, nas suas texturas e estruturas (nas diversas escalas). Os geólogos têm por hábito, quando observam as rochas no campo ou no laboratório, andar para trás no tempo, destapando camadas de acontecimentos e processos, colocando-os por ordem. Nem sempre conseguem porque há processos que se sobrepõem.

Uma rocha ou uma dobra não é apenas isso, pode contar uma história muito longa com vários episódios, com protagonistas que se vão transformando no espaço e no tempo. É o caso de conjuntos monótonos de camadas (sequências metassedimentares) de metagrauvaques e xistos que se observam no interior do território continental português e na costa sudoeste, Alentejana e Vicentina (FIGURA 1). Estas rochas, sendo metamórficas (daí o prefixo meta-), como o grau de metamorfismo é baixo, apresentam estruturas sedimentares de erosão e sedimentação, evidenciando a sua (pré-)história sedimentar (FIGURA 2).

As rochas sedimentares originais são os grauvaques e os pelitos, formados por processos que decorreram em ambientes cujos valores de pressão e temperatura são relativamente baixos quando comparados com os dos processos metamórficos ($T < 200^{\circ}\text{C}$; $P < 0,3 \text{ GPa}$).

Os grauvaques são arenitos constituídos por grãos angulosos de diversas granulometrias e de natureza, em geral, também diversa. Os grãos mais pequenos (matriz silto-argilosa) encaixam-se nos vazios que separam os grãos maiores. Como qualquer arenito, todos os grãos estão agregados por uma substância que sofreu precipitação (cimento). Os pelitos são constituídos por partículas da dimensão do silte e da argila.



FIGURA 1. Metagrauwaques (camadas mais claras e menos espessas) alternados com metapelitos que apresentam foliação. Sequência inclinada. Costa Vicentina.



FIGURA 2. Marcas de erosão/sedimentação, em correntes submarinas, com uma forma ligeiramente cônica (*flute marks*). A erosão teve lugar na camada mais pelítica, atualmente já erodida. O sulco foi preenchido posteriormente por areia, como é possível ver na representação esquemática (adaptada de Corrêa, 2022), à direita. São essas estruturas, agora no metagrauwaque, que ainda são visíveis no afloramento.

Mas como explicar a grande extensão observável destas rochas, no sudoeste português, que, apresentando estruturas sedimentares, terão sofrido deformação e metamorfismo? Para responder a esta questão comecemos por nos focar na parte sedimentar da história. Os rios transportam areia, silte e argila até ao mar. A areia é geralmente transportada por tração, enquanto silte e argila são transportados em suspensão, contribuindo para a turvação (ou tur-

bidez) da água. Quando chegam ao mar os sedimentos sofrem uma clara separação granulométrica. A areia deposita-se maioritariamente junto à foz dos rios, na forma de cordões de areia, enquanto os grãos de silte e de argila continuam a ser transportados, depositando-se nas margens continentais (plataforma e talude ou vertente) e nos fundos abissais. Muito deste material atinge, por vezes, áreas mais profundas dos oceanos, através de movimentos de massa (derrocadas e deslizamentos).

Estes movimentos de massa afetam largas áreas dos fundos oceânicos e, provavelmente, são mais comuns do que conseguimos reportar na superfície dos continentes (por exemplo, na ilha da Madeira). Estão principalmente associados aos grandes deltas e às margens continentais tectonicamente ativas, apesar de ocorrerem igualmente em margens passivas e em áreas não relacionadas com grandes rios. Nas margens continentais, os movimentos de massa são provocados especialmente pela gravidade, sendo associados frequentemente a grandes tempestades e sismos. Forma-se uma corrente turva (corrente de turbidez) de grande densidade que se movimenta a alta velocidade e que é composta por materiais de diversas granulometrias, anteriormente depositados na plataforma continental. Estas correntes adquirem assim um elevado poder erosivo. A diminuição da velocidade acontece quando estas correntes de turbidez chegam às planícies oceânicas profundas. Nesse momento os sedimentos transportados começam naturalmente a depositar-se por ordem da sua dimensão. Assim, enquanto a taxa de sedimentação das argilas é da ordem do milímetro em cada mil anos, a das areias é da ordem de alguns centímetros em horas ou dias.

Os efeitos das correntes de turbidez foram reconhecidos por altura do sismo de 1929 nos Grandes Bancos, Canadá. A danificação de cabos telegráficos submarinos levou à investigação das causas do problema. O sismo provocou um deslizamento de “terras” submarino que, por sua vez, formou ondas de cerca de 3 a 8 metros que se propagaram em todas as direções do Oceano Atlântico, tendo sido também registadas em Portugal.

Alguns anos após este evento, Philip Kuenen, geólogo holandês (1902–1976), para investigar a formação dos canhões submarinos, construiu um equipamento experimental simulando a hipótese que lhe pareceu a mais plausível entre outras; devido a grandes tempestades, um grande fluxo transporta os sedimentos finos (silte e argila) da plataforma continental para os grandes fundos oceânicos. Kuenen reconheceu o poder erosivo dessas correntes, capaz de formar os grandes canhões submarinos localizados não só nas bocas dos grandes rios. A suspensão formada, sendo mais densa que a água envolvente, movimenta-se devido à gravidade (FIGURA 3). E tal como se faz hoje, apoiou os seus argumentos sobre os movimentos de massa submarinos nos que se observavam na superfície de continentes e ilhas. No entanto, como já sabemos, os sedimentos que as correntes de turbidez transportam não se resumem aos mais finos, incluindo também materiais da dimensão das areias acumuladas nas margens continentais.

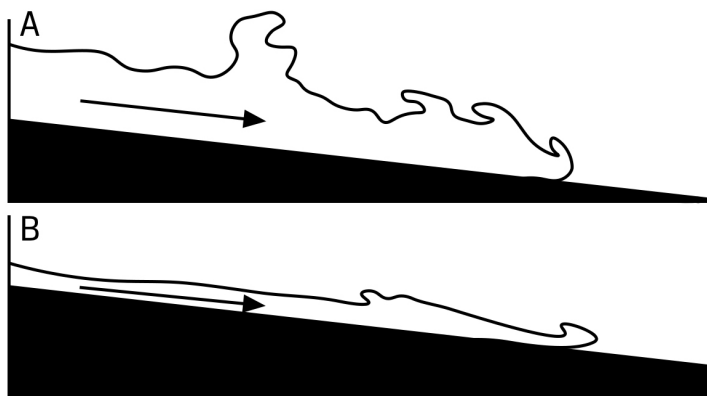


FIGURA 3. Kuenen (1937) comparou uma corrente mais concentrada e veloz (A) com uma corrente mais diluída e lenta (B).

Para Kuenen, a experimentação serviu principalmente para afastar causas especulativas (por exemplo, uma alteração súbita da velocidade de rotação da Terra) e, mesmo negligenciando a escala, apoiar argumentos como a simples possibilidade de um fluxo com sedimentos em suspensão deslizar por um plano inclinado e de ter uma capacidade erosiva notável. Kuenen produziu correntes semelhantes às que são estudadas na atualidade nos mais modernos laboratórios de geologia experimental e obteve estruturas sedimentares semelhantes às naturais como as marcas de ondulação.

Contada a história sedimentar, passamos a centrar a nossa atenção nas estruturas de deformação como a inclinação da estratificação (FIGURA 1) e os dobramentos, assim como no metamorfismo (FIGURA 4).

As estruturas sedimentares/erosivas referidas encontram-se orientadas no sentido SW, indicando que o transporte de materiais se fazia de NE para SW. As grandes estruturas de deformação (dobramentos, cavalgamentos) são compatíveis com essa orientação, enquanto a idade do metamorfismo das rochas decresce de NE para SW. Isto significa que os vários processos se encontram relacionados e tiveram o mesmo enquadramento paleogeográfico e geotectónico. Com efeito, diversos dados apoiam a ideia de que a Gondwana (continente do qual, no final do Paleozoico, fazia grande parte do território atual português) estaria já em processo colisional com outro continente, situado na outra margem do oceano Rheic. Os dois continentes situavam-se em placas litosféricas distintas, sendo que a sua convergência foi provocando a compressão dos sedimentos que iam chegando à margem continental, fruto da erosão do interior da cadeia de montanhas.

Rios temporários.

Verónica Ferreira

MARE/ U. Coimbra

ARTIGO

38

Os rios temporários são os rios que cessam de fluir ou secam completamente à superfície, em extensão e por tempo variáveis, em oposição aos rios permanentes que fluem à superfície todo o ano. O ciclo hidrológico nos rios temporários compreende três fases: i) a fase com água corrente, ii) a fase fragmentada (com poças), que pode evoluir para a fase seca e iii) a fase do retorno da água. Os rios temporários representam a maioria dos rios a nível global, mas localmente são fatores como a geologia (determina a permeabilidade das rochas) e o clima (determina a temperatura e a frequência e quantidade da precipitação) que controlam o ciclo hidrológico. Por exemplo, os rios temporários são típicos em regiões calcárias e constituem a quase totalidade dos rios nas regiões secas. As espécies piscícolas e outras totalmente dependentes da água sobrevivem à fase fragmentada dos rios temporários concentrando-se nas poças que permanecem. As comunidades de invertebrados que habitam o leito dos rios temporários vão-se alterando à medida que o caudal diminui; por exemplo, na fase fragmentada desaparecem as espécies que necessitam de água corrente e aparecem espécies adaptadas a água parada (poças) e espécies terrestres que colonizam os sedimentos secos. Os invertebrados aquáticos apresentam adaptações que lhes permitem fazer face à ausência de água (resistência) e recolonizar o rio quando a água retorna (resiliência). Os rios temporários têm assim um elevado valor conservacionista devido às suas características ambientais e comunidades particulares; por exemplo, são o habitat de muitas espécies com elevado estatuto de conservação como o saramugo. Os rios temporários suportam também uma grande diversidade de processos ecológicos em resultado da grande heterogeneidade espacial e temporal nas condições ambientais. De realçar o seu importante papel de armazenamento de detritos vegetais (recurso alimentar) durante a fase fragmentada e de distribuição desses detritos para jusante durante a fase de retorno da água. Entre as ameaças aos rios temporários estão as alterações ao regime hidrológico natural em resultado das alterações climáticas e das atividades humanas (por exemplo, extração de água ou descarga de efluentes). Assim, é necessária a manutenção de regimes naturais de caudais nos rios afetados pelas atividades humanas, e estes regimes devem reger-se pela existência de uma fase fragmentada ou seca nos rios temporários.

Tipos de rios de acordo com o regime hidrológico.

Um rio é, geralmente, visto como uma linha de água, que flui num único sentido e que desagua num outro rio, num lago ou no mar. Coincidentemente, os rios são geralmente representados nos mapas por linhas azuis, que instintivamente associamos ao elemento água. Os rios que fluem à superfície todo o ano são chamados de “permanentes” ou “perenes”. No entanto, há rios que cessam de fluir

ou secam completamente à superfície, em extensão e por tempo variáveis — são os rios chamados de “temporários”, “não-permanentes” ou “não-perenes” (FIGURA 1). De modo simples, estes rios podem ser classificados com base na duração da fase com água corrente ao longo do ciclo hidrológico anual em: i) rios intermitentes, ii) rios efémeros e iii) rios episódicos ou secos (TABELA 1).

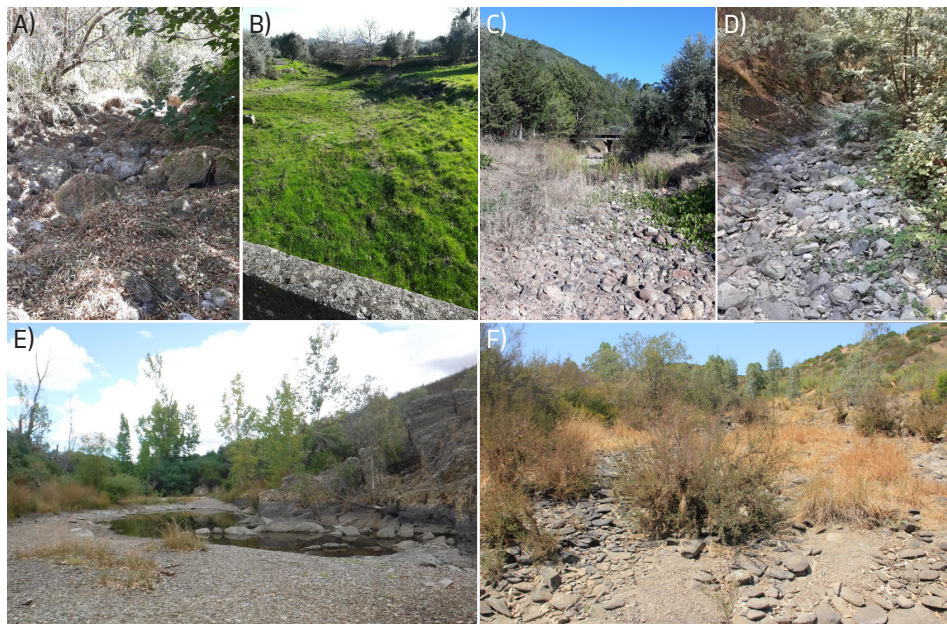


FIGURA 1. Rios temporários nas fases fragmentada e seca. A) Rio de Mouros na Arrifana, Maciço Calcário do Sicó (setembro de 2019), onde é visível uma grande acumulação de detritos vegetais no leito seco. B) Rio de Mouros no Zambujal, Maciço Calcário do Sicó (novembro de 2020), onde é visível o desenvolvimento de vegetação herbácea no leito seco. C) Rio Seco em Taliscas, Maciço Calcário do Sicó (setembro de 2019). D) Ribeira de São João na Lousã, Serra da Lousã (agosto de 2020). E) Ribeira de Oeiras em Mértola, Baixo Alentejo (setembro de 2021), onde é visível um pego estival. F) Ribeira de Carreiras na sua interseção com a estrada N122, Baixo Alentejo (agosto de 2015), onde é visível vegetação herbácea e arbustiva no leito seco. (Fotos de A–C) Nuno Coimbra; D Verónica Ferreira; E Filipe Banha; F Manuel Graça).

TABELA 1. Tipos de rios com base no ciclo hidrológico anual.

Tipos de rios		Duração da fase com água corrente	Frequência da fase com água corrente	Previsibilidade da fase com água corrente
Permanente ou perene		Contínua	Contínua	Contínua
Temporário, não-permanente ou não-perene	Intermitente	Longa (meses)	Alta (sazonal)	Alta (sazonal)
	Efémero	Curta (dias a semanas)	Baixa	Moderada (quando chove/degelo)
	Episódico ou seco	Muito curta (horas a dias)	Muito baixa	Baixa (chuvadas intensas)

Os rios intermitentes cessam de fluir sazonalmente (durante semanas a meses), principalmente durante a estação seca, podendo apresentar poças (no Alentejo chamadas de “pegos estivais”) ou mesmo secando completamente durante essa altura. Nestes rios, a fase com água corrente é mais longa que a fase seca. Os rios efémeros apenas fluem durante períodos curtos (dias a semanas), em resultado direto da precipitação ou do degelo. Nestes rios, a fase com água corrente é mais curta do que a fase seca. Os rios episódicos ou secos fluem por períodos muito curtos (horas a dias), principalmente após chuvadas intensas, estão desconectados do lençol freático e não suportam vida aquática. Nestes rios, a fase com água corrente é esporádica e muito curta em comparação com a fase seca que dá a estes ecossistemas um caráter essencialmente terrestre. A existência de uma fase seca nos rios temporários implica a perda de conectividade lateral (com as margens), longitudinal (com os segmentos de rio a jusante), e até vertical (com o lençol freático no caso dos rios episódicos ou secos), cuja duração depende do tipo de rio.

Nos rios temporários, o ciclo hidrológico pode ser dividido em três fases principais: i) a fase com água corrente, ii) a fase sem água corrente ou fragmentada (com poças), que pode evoluir para a fase seca e iii) a fase do retorno da água (FIGURA 2). A duração destas fases depende do tipo de rio (TABELA 1) e a sua sequência não é necessariamente linear (i → ii → iii) já que a ocorrência de precipitação pode reverter a sequência das fases. Por exemplo, se ocorrer um período de precipitação durante a fase em que o rio já se encontra fragmentado em poças, este pode voltar a fluir por algum tempo (i → ii → i) antes de progredir na sequência de fases.

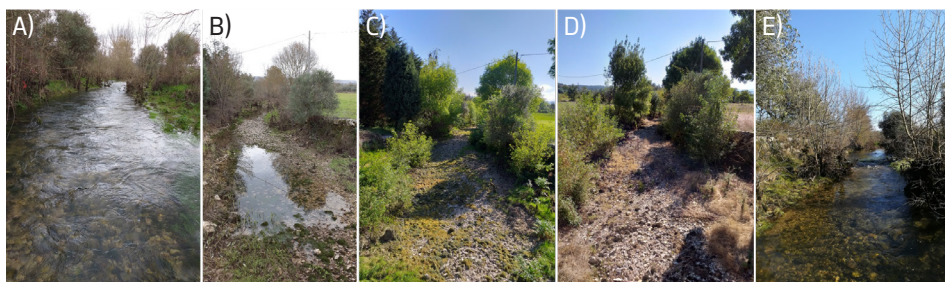


FIGURA 2. Rio de Mouros em Póvoa de Pegas (Maciço Calcário do Sicó) ao longo do ciclo hidrológico. A) Fase de água corrente (outono/inverno). B) Fase sem água corrente ou fragmentada (com poças) (final do inverno/início da primavera). C) e D) Fase seca (primavera até ao início/meio do outono). E) Fase de retorno da água (geralmente no outono). (Fotos de Nuno Coimbra e Verónica Ferreira).

Causas naturais da intermitência do caudal.

As causas naturais pelas quais a água cessa de fluir num rio temporário são várias e estão relacionadas principalmente com a geologia e o clima locais. A geologia (tipo de rocha) determina a permeabilidade das rochas e, consequentemente, a capacidade da água superficial se infiltrar. Por exemplo, em regiões calcárias, como o Maciço Calcário do Sicó no centro de Portugal, a alta permeabilidade das rochas permite que a água se infiltre, deixando o rio seco à superfície em

períodos de menor precipitação (FIGURA 1A, B) e C)), e criando verdadeiros rios subterrâneos que surgem à superfície pontualmente em exurgências com caudal considerável (muitas vezes confundidas com nascentes).

Já o clima determina a frequência e a quantidade da precipitação, assim como a temperatura, ao longo do ano. Por exemplo, em regiões mediterrânicas, a reduzida precipitação no verão contribui para a diminuição do nível dos lençóis freáticos e do escoamento das encostas em comparação com o inverno, enquanto a elevada temperatura contribui para o aumento da evapotranspiração (evaporação direta da água do solo e transpiração por parte da vegetação na bacia hidrográfica). A redução do aporte de água e o aumento do seu consumo pela vegetação leva à redução dos caudais dos rios, que podem apresentar-se fragmentados (com poças) ou mesmo secos (FIGURAS 1E) e F)). Os rios temporários também estão presentes em regiões onde as temperaturas atingem valores negativos durante períodos longos, o que leva ao congelamento da água, como regiões alpinas, árticas e antárticas.

Distribuição mundial dos rios temporários.

Os rios temporários constituem a maioria dos rios do planeta: a água deixa de fluir durante pelo menos um dia por ano em 51–60% do comprimento dos rios a nível global. Em regiões quentes e secas, como as regiões áridas (desertos), semiáridas e mediterrânicas, os rios são na sua maioria temporários. Por exemplo, 98% dos rios são temporários na província de Múrcia em Espanha, localizada na região mais seca da Península Ibérica, e 86% do comprimento dos rios é temporário no Chipre, o país mais árido da região mediterrânica. Em Portugal, os rios temporários dominam a sul do rio Tejo, onde até os rios com dimensão considerável (por exemplo, Ribeira de Oeiras que drena uma área de 480 km² e tem aproximadamente 100 km de extensão) ficam reduzidos a alguns pegos estivais com menos de 100 m de comprimento num ano típico (FIGURA 1E)) e onde apenas os rios Guadiana, Sado e Mira são permanentes. Também há muitos rios temporários em regiões temperadas ou húmidas, como por exemplo os pequenos ribeiros de cabeceira que podem fluir apenas em resultado da ocorrência de precipitação. A probabilidade de um rio ser temporário diminui à medida que aumenta o seu tamanho: grandes rios tendem a ser permanentes enquanto pequenos ribeiros têm uma maior probabilidade de ser temporários.

Apesar da sua abundância e distribuição cosmopolita, a importância dos rios temporários foi subestimada durante décadas por se considerar que tinham baixo valor ecológico e económico. No entanto, nos últimos 20 anos observou-se um aumento exponencial da investigação e do conhecimento sobre estes ecossistemas, principalmente no que respeita à diversidade biológica e funcionamento, que tem contribuído para o reconhecimento da importância destes ecossistemas nas bacias hidrográficas.

Mergulhando no Oceano Índico II.

Das feições vulcânicas da Maurícia aos granitoides das Seicheles.

Luís Vítor Duarte

MARE/DCT-FCT/U. Coimbra

A passagem pelas Maldivas deixou as suas marcas. De tal forma que o retorno aos “mergulhos” no Índico não se fez esperar. Uma espécie de chamamento por um oceano que se acerca apenas de um dos polos e que expõe uma associação de ilhas e de arquipélagos, de nome sonante que, no seu conjunto, mostram uma geologia bastante diversificada. Tão complexa quanto fascinante! Os lugares para descobrir são vários, o que, somado à distância a que se encontram, torna a escolha muito difícil. Ficam de fora, por exemplo, a desproporcionada “super ilha” de Madagáscar e a pequena Reunião, ainda de jurisdição francesa. Em compensação, abraçamos neste texto quer a Maurícia, a outra “grande” ilha do Arquipélago de Mascarenhas, quer as icónicas ilhas Seicheles, todas elas forradas de uma vegetação exuberante. Porque o tempo foi curto, as visitas foram cirúrgicas, mas permitiram olhar, sentir e desfrutar o principal do contexto geológico e das suas principais ambiências. Depois das ilhas carbonatadas do país mais raso de todo o planeta, vamos palmilhar o mundo vulcânico, a geologia que domina a Maurícia, que é a expectável em ambiente oceânico profundo. Mas, o melhor de tudo pela sua originalidade, são mesmo as paisagens graníticas das Seicheles, registos estranhos e algo impensáveis de encontrar no meio de um oceano. Inseridas na porção mais ocidental do oceano Índico, a Maurícia e as minúsculas Seicheles ocupam as extremidades de um largo *plateau* marinho, pouco profundo, de forma curvilínea, bem desenhado no *Google Earth* (FIGURA 1). Apesar desta aparente uniformidade morfológica, a geologia vem demonstrar que a história é bem diferente e complexa.

Nas ilhas Maurícias, a ideia é ficar apenas pela sua ilha principal, a Maurícia. Um paraíso ornitológico, que possui o último registo do extinto *Raphus cucullatus*, o familiar dos pombos vulgarmente conhecido como Dodô.

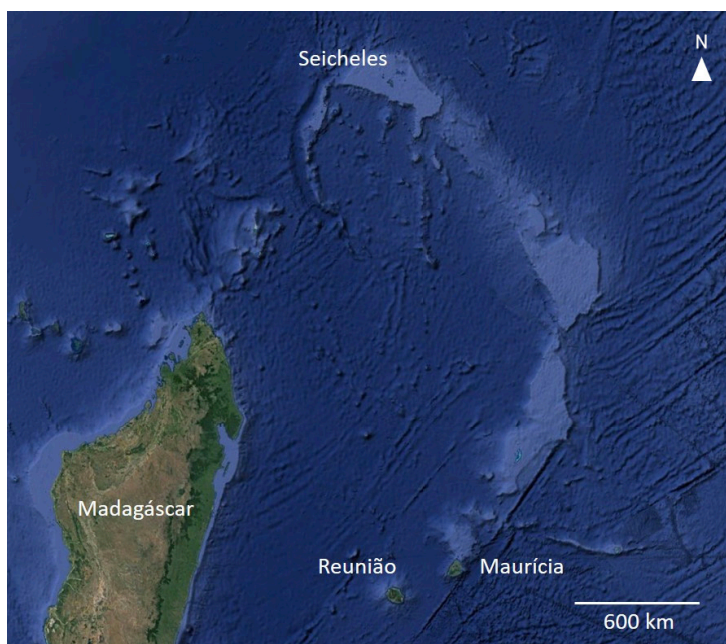


FIGURA 1. A Maurícia e as Seicheles no contexto do oceano Índico. Imagem do Google Earth.

De origem exclusivamente vulcânica, e maioritariamente composta por rochas dessa natureza, a Maurícia é bordejada por basaltos do Paleocénico, ou seja, do início do Cenozoico, e por recifes de coral, já que a temperatura da água, a cerca de 20° de latitude, facilita tal existência (FIGURA 2).



FIGURA 2. O contraste entre a rocha vulcânica da zona continental e a água marinha de fundo carbonatado da ilha Maurícia. Ao fundo, o efeito da ondulação desenha a franja recifal que bordeja a ilha. Imagem retirada junto a Blue Bay, no sudoeste da Maurícia.

Apesar do contexto mais antigo, a origem das primeiras lavas que se terão erguido acima do nível do mar, e que terão formado o “esqueleto” da ilha, remontam aos 8–9 milhões de anos (Miocénico), valores comprovados a partir de diferentes métodos de decaimento radiométrico. O rigoroso trabalho de datação abasoluta remete-nos para a velha história de que em geologia não é sempre mais milhão, menos milhão de anos. Sendo uma ilha muito recente, esse erro fará a sua diferença. Daí, até à atualidade, terão sido várias as fases de evolução geológica, tal como atestam os estudos petrológicos e geoquímicos realizados e publicados em revistas de referência. A cor negra ou acastanhada dos solos é demonstrativa da riqueza em rochas básicas: em torno da rainha destas rochas, o basalto, onde abundam os minerais ferromagnesianos, piroxenas, anfíbulas e olivinas. Mas, como se deve imaginar, também é possível encontrar outros tipos de rochas extrusivas como os traquitos, rochas muito mais alcalinas e leucocráticas ou seja, consideravelmente mais siliciosas que os basaltos. Com o modelo de cristalização — ou seja, de génese dos minerais —, a seguir, como convém, a Série de Bowen. O mais interessante de tudo é que a génese desta ilha está relacionada com uma pluma mantélica, que esteve sequencialmente na origem das restantes ilhas do Arquipélago de Mascarenhas —, que inclui também a ilha de Rodrigues, que compõe a República da Maurícia. Mais ainda, toda esta sucessão de eventos vulcânicos parece remontar ao tempo das famosas *Deccan Traps*, as gigantescas espessuras de basaltos originadas nestas latitudes, há cerca dos míticos 65 milhões de anos (limite Cretácico–Paleogénico), e que a tectónica de placas movimentou até ao centro-oeste da Índia. Com tanta rocha extrusiva, e num ambiente tão tropical, de extrema humidade, são conhecidos os efeitos na vegetação, que tendem a ocultar muitas das morfologias típicas do ambiente vulcânico. A começar pelos próprios aparelhos vulcânicos, que deram origem à estruturação da ilha. Mesmo assim, basta circular pela parte sul da ilha para nos maravilharmos com a sua colossal diversidade geomorfológica e com alguns aspetos demasiadamente singulares. São propostos quatro locais de visitação.

O primeiro deles, a *Grand Bassin*, que não é mais do que uma cratera vulcânica convertida num lago, preenchido por água doce (FIGURA 3A)). Também conhecido como *Ganga Talao*, o lugar de culto hindu mais importante da Maurícia, com a sua envolvência preenchida de símbolos e de templos religiosos. Há a realçar que quase metade da população desta ilha professa o hinduísmo.

Um pouco para oeste, as gargantas do *Black River* (FIGURA 3B)) que deram origem a um parque nacional, com múltiplos lugares de interesse. Entre eles, uma série de quedas de água, a maioria delas bem camufladas pela vegetação, como é o caso da *Chamarel Waterfall*, a mais fotogénica de toda a Maurícia (FIGURA 4). Dizem os geólogos, estudiosos deste lugar, que a sucessão vulcânica estratiforme, aqui registada, terá resultado de dois fluxos de lava, o último dos quais datado entre os 3,5 e 1,7 milhões de anos. Tudo muito recente.

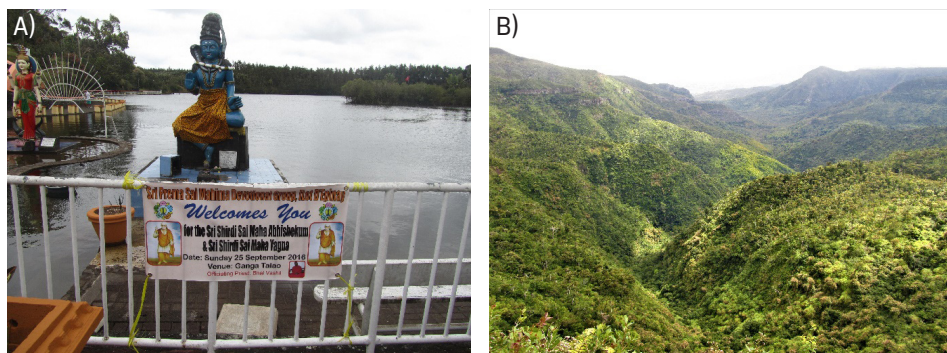


FIGURA 3. A) Grand Bassin: lago que preenche uma cratera de antigo vulcão e que constitui hoje um lugar sagrado hindu. B) As gargantas do Black River, cobertas por uma vegetação luxuriante.

Para completar a quadra, a visita às *Seven Coloured Earth*, onde se observam basaltos da mesma idade do último evento magmático de *Chamarel*. Agora, com um fenômeno muito peculiar de coloração do solo, que resulta da alteração das rochas vulcânicas básicas, como o basalto, em óxidos e hidróxidos de ferro — também de alumínio — (FIGURA 5). As rochas, que têm na sua constituição os minerais mais propícios à alteração, os ferromagnesianos acima mencionados, um fenômeno que é também favorecido e ampliado pelo clima tropical húmido, que vigora por estas paragens do planeta. Um solo, está visto, que não propicia a fixação da vegetação.



FIGURA 4. A queda de água de Chamarel, a mais impactante de todas as existentes na Maurícia.

Sem evidências de grandes depósitos carbonatados, em virtude do relevo da ilha, da sua tenra idade e da tectónica, os reflexos da sedimentação calcária fazem-se sentir apenas nas zonas costeiras, em especial em determinadas zonas de praia, resultantes dos efeitos de tempestades tropicais que, por vezes, se fazem sentir nesta região do globo e que provocam os seus estragos na barreira coralífera que bordeja a ilha (FIGURA 6).



FIGURA 5. Aspetto do solo colorido resultante da alteração dos basaltos no Parque Seven Coloured Earth.



FIGURA 6. Acumulação de fragmentos de corais provenientes da franja coralífera e resultantes de toda a dinâmica costeira (praia junto a Baie du Cap, no sul da ilha).

Uma dezena e meia de graus mais a norte, já nas imediações da linha equatorial e chegamos às ilhas Seicheles, que contabilizam mais de uma centena. Estamos no ventre do Índico e a grande maioria das ilhas ou é granítica ou carbonatada! As mais rasas, e muito à semelhança das Maldivas, são de natureza coralífera, aproveitando as altas temperaturas da água do mar, que favorece a sedimentação carbonatada, a começar pela acumulação dos seus esqueletos calcários. No lado oposto, situam-se as ilhas mais proeminentes do ponto de vista morfológico, sendo igualmente as mais extensas, como as visitadas *Mahé*, *Praslin* e *La Digue*. O olhar fotográfico orienta-se inevitavelmente para as tão apelativas massas rochosas dos guias turísticos que provocam os mais curiosos. De natureza granítica... em pleno oceano?! Nada como

“ver, para crer”, em especial as diversas *Anses de La Digue*, sem dúvida, as mais impactantes e empolgantes, mesmo com a abóbada celeste cheia de nuvens (FIGURAS 7 e 8). Mas também pela tipologia das rochas, compostas essencialmente por granitos e outras variantes granitoides, de cor cinzenta a rósea. Normalmente de grão médio a grosseiro, os granitos mostram os seus constituintes habituais, o quartzo e feldspato, podendo associar-se outros minerais, os acessórios, como a biotite e a hornblenda.



FIGURA 7. Paisagem granítica de Anse Source d'Argent em La Digue. Possivelmente, a top 1 das Seicheles.



FIGURA 8. Paisagem granítica de Grand Anse, no lado oriental de La Digue. De notar os caos de blocos.

Pigmentos alimentares.

in casadasciencias.org/banco-imagens

Num fascículo que tem a cor como tema, eu não poderia fugir ao tema dos pigmentos alimentares. Além de cumprir sua função de dar cor, muitos pigmentos naturais são conhecidos como compostos bioativos interessantes, com potenciais benefícios para a saúde. Os pigmentos naturais possuem baixa toxicidade, a que se somam diversos efeitos nutricionais e farmacológicos, e têm enorme valor de aplicação prática no mercado. A obtenção de pigmentos facilmente utilizáveis, não tóxicos, eco-sustentáveis, de baixo custo e biodegradáveis é, portanto, uma área de investigação relevante — nomeadamente no que respeita a vias de biossíntese e a métodos de extração e separação mais eficientes.

De acordo com a classificação das suas estruturas químicas, os pigmentos comestíveis naturais podem ser divididos em carotenóides, iridóides, indóis, polifenóis, antraquinonas, piridinas e pirróis... Mas esta ideia da diversidade dos corantes alimentares facilmente remete para imagens de mercados de rua, com bancadas coloridas. E, em particular, as imagens como esta: um mercado na Índia, país descrito como um país de cores simbólicas.

Não conheci nunca sítio mais explosivo, em sons, odores, cores e movimento, do que um mercado indiano.

Algo que sempre me surpreendeu é que na enorme confusão destes mercados, entre ratos, vacas mortas, vacas vivas (e sagradas) mães, crianças, mendigos, vendedores e compradores, os produtos nas bancas estão numa organização perfeita, geométrica.

Podia dizer que tirei esta foto para fixar as cores das especiarias, intensas e fluorescentes. Ou talvez para recordar as formas. Ou a variedade, muito para além da conhecida no nosso lado branco do mundo. Ou para poder mais tarde admirar o equilíbrio dos montinhos que simetricamente desafiam as leis da Física. Mas ficaria muito aquém da real razão pela qual disparei, neste instante e lugar. Pois esta foto foi uma tentativa vã de fixar tudo isto — o bulício, a explosão de cores, a ordem no meio da desordem, a humanidade, a Vida! O frenesim da vida na Índia — 1,5 biliões de pessoas entre deuses, macacos e vacas, numa sabedoria intemporal.

Maria Paula Marques
Universidade de Coimbra

Paulo Ribeiro-Claro
Universidade de Aveiro



VIII ENCONTRO
INTERNACIONAL
DA CASA
DAS CIÊNCIAS

UNIVERSIDADE
DE AVEIRO

17, 18 + 19
JULHO
2023

ENERGIA

EM MEMÓRIA DESSA ILUSTRAÇÃO DE BERNARDINI