

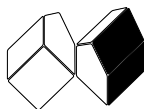
V12/01

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR
CASA DAS CIÊNCIAS

MARÇO 2024



REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



FICHA TÉCNICA

Rev. Ciência Elem., V12(01)

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

IMAGEM NA CAPA

Realidade Virtual e Aumentada.

© 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)

EDITORA CONVIDADA

Sónia Gouveia (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

MARÇO 2024

V12/01

ÍNDICE

02 AGENDA

03 NOTÍCIAS

EDITORIAL

05 **Vasta gama (de temas).**

Sónia Gouveia

ARTIGOS

07 **Ondas eletromagnéticas.**

Eduardo Lage

14 **Embriões de peixe-zebra**

(*Danio rerio*).

Ondina Ribeiro *et al.*

19 **Medronheiro.**

João Martins, Jorge Canhoto

23 **Serviços ecossistémicos.**

Verónica Ferreira

28 **Como tratar a obesidade
associada à diabetes tipo 2?**

Carina Proença *et al.*

33 **Ciência na Escola.**

O Galo do tempo.

Ana Maria Tavares

NOTÍCIAS EDUCATIVAS

37 **Os modelos botânicos**

**museológicos na concretização
das aprendizagens essenciais.**

Ana Bela Saraiva

AOS OLHOS DA CIÊNCIA

42 **Incursões pelo Brasil II.**

Luís Vítor Duarte

IMAGEM EM DESTAQUE

48 **Realidade Virtual e Aumentada.**

Sónia Gouveia

A decorrer

Biologia ao fim da tarde

Está a decorrer um novo ciclo de palestras “Biologia ao fim da tarde” da responsabilidade do Departamento de Biologia da FCUP em colaboração com o NEBUP e com a Delegação Regional do Norte da Ordem dos Biólogos, desta feita relativo ao segundo semestre de 2024. As palestras deste ciclo abordarão tópicos desde a astrobiologia e a origem da vida, fotossíntese, ótica e células, importância da Inteligência Artificial, computação e bioinformática nos avanços da Biologia, epidemiologia do cancro, genética e epigenética do cancro, biologia e técnicas avançadas de espectrometria, sensorização e modelação. As palestras decorrerão num ambiente informal, com a duração de 20 minutos cada, seguidas de uma discussão final, num total de cerca de 1 hora.

A participação, presencial ou através de zoom, faz-se mediante inscrição prévia, sendo o certificado de participação encaminhado diretamente para o email.

Toda a informação está disponível na [página do DBIO](#). Qualquer dúvida poderá ser esclarecida através do seguinte email, biologia.fim.tarde@fc.up.pt

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

08/07
a 10/07⁽²⁰²⁴⁾

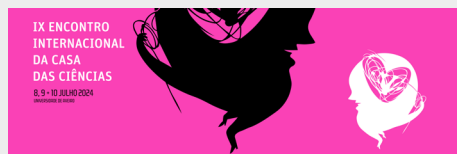
IX Internacional da Casa das Ciências

Vamos regressar à cidade dos canais e à Universidade de Aveiro, entre 8 e 10 de julho de 2024. Sob a égide da Inteligência Artificial na Educação. Vantagens e desvantagens, dedicaremos os 3 dias de formação a painéis e mesas de discussão para refletirmos sobre este tema.

As inscrições no IX Encontro da Casa das Ciências já se encontram abertas e já temos esgotadas mais de metade de um universo de perto de 60 disponibilizadas.

Temos programas dedicados aos grupos 110, 230, 500, 510, 520 e 550. Garanta já a sua vaga, consultando o programa no site do encontro [aqui](#) e preenchendo o formulário de inscrição [aqui](#).

UNIVERSIDADE DE AVEIRO



22/04⁽²⁰²⁴⁾

Abril em Flor

No ano de comemoração dos 50 anos da Revolução de Abril, Vitorino e Janita Salomé – duas das vozes da Revolução – apresentam-se ao vivo na Universidade de Aveiro, acompanhados pela Orquestra Filarmonia das Beiras para, com um programa especial, celebrar a conquista da Liberdade.

Mais informações [aqui](#).

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

Final a água não é um líquido.



FIGURA 1. Num copo de água, na realidade, estão dois líquidos misturados. Imagem de Pixabay. (<https://www.ua.pt/pt/noticias/9/86024>)

Uma equipa de investigadores da UA desafiou a tradicional conceção da água como sendo um líquido único ao afirmar que a água consiste de dois líquidos distintos entrelaçados, com propriedades que variam de acordo com a temperatura.

Ao que descobriram, as propriedades características da água – expande ao congelar e possui ponto de ebulição alto – resultam das interações únicas entre as moléculas de água por meio de ligações de hidrogénio.

Foram usadas nanopartículas emissoras de luz para estudar o movimento das moléculas de água em torno destas à medida que a temperatura aumenta, confirmando a existência destes dois estados distintos.

Esta descoberta tem implicações relevantes em várias áreas, incluindo engenharia, medicina e ciências dos materiais, podendo levar a avanços na dessalinização da água do mar, na produção de catalisadores mais eficientes e até mesmo em tratamentos médicos mais eficazes, especialmente na área de medicamentos antitumorais.

Alex Honnold, o escalador ártico.



FIGURA 1. Lagoa glaciar. Imagem de Pixabay (<https://expresso.pt/sociedade/ciencia/2024-02-26-Alex-Honnold-nao-e-cientista-mas-quer-contribuir-para-a-ciencia-climatica-no-Artico-entrevista-ao-escalador-epico-e9797b64>).

Alex Honnold, alpinista de profissão, participou numa expedição de 6 semanas à Gronelândia no verão de 2022, com o objetivo de contribuir para a pesquisa climática no Ártico documentada na minissérie “Arctic Ascent” da National Geographic, lançada em 2024. Conhecido por escalar sem equipamento, participou ativamente na recolha de dados científicos no Ártico, em conjunto com Heidi Sevestre, uma glaciologista francesa que trabalha no Programa de Monitorização e Avaliação do Ártico, Aldo Kane, técnico de segurança, e Adam Mike Kjeldsen, guia local.

A expedição incluiu a recolha de amostras de rocha, instalação de sensores de temperatura/termómetros, e outras técnicas para compreender as mudanças climáticas na região, nomeadamente a nível da taxa de fusão do *permafrost*. Globalmente, todas as experiências realizadas mediam a profundidade e a acumulação de neve e gelo ou a temperatura e as alterações térmicas de diferentes formas, mediante os objetivos.

Os sapatos do Futuro.



FIGURA 1. Sola com placa de circuito impressa em 3D, que contém sensores de recolha de dados. (<https://pt.euronews.com/next/2024/02/26/estes-sapatos-futuristas-impessos-em-3d-adaptam-se-aos-pes-e-poderao-chegar-ao-mercado-em>).

Os sapatos *Evolve AI*, desenvolvidos por Assa Ashuach, e já em exposição no Museu do Futuro do Dubai, são uma inovação na indústria do calçado. São impressos em 3D e projetados para se adaptarem aos pés dos utilizadores ao longo do tempo. Equipados com sensores de dados, recolhem informações sobre a pressão, movimento e ambiente externo, procurando proporcionar um ajuste personalizado e até mesmo melhorar a saúde dos que os usam, especialmente diabéticos. A tecnologia por detrás destes sapatos permite a recolha de dados para aprimorar gerações futuras, que podem ser impressas em 3D para melhor personalização. O design inovador dos sapatos, inspirado na anatomia humana, promete não apenas conforto, mas também a capacidade de incorporar materiais regenerativos para autorreparação.

O meteorito é meu!

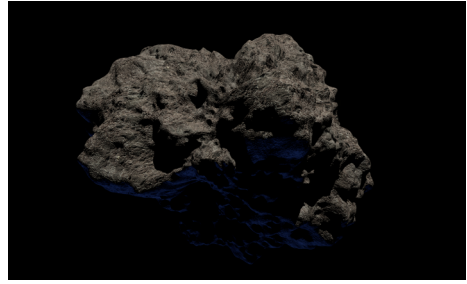


FIGURA 1. Meteorito. Imagem de Pixabay. (<https://expresso.pt/sociedade/ciencia/2024-03-21-Meteorito-de-14-quilos-caiu-num-quintal-na-Suecia-cientistas-tentaram-leva-lo-para-o-Museu-mas-tribunal-da-razao-ao-proprietario-f576b925>).

A história começa em 2020, quando um meteorito de 14 quilos caiu no quintal de Johan Benzelstierna von Engeström, em Uppland, na Suécia. Após ter sido descoberto por dois geólogos e de estes o terem entregue ao Museu Nacional de História Natural da Suécia, em Estocolmo, von Engeström não aceitou a decisão, optando por manter a pedra em sua posse levando o caso a tribunal. O juiz decidiu que o meteorito devia permanecer como “propriedade inamovível” do terreno onde foi encontrado, “tal como todas as outras pedras, mesmo que intuitivamente esta pedra pareça qualquer coisa vinda de fora da Terra”, rejeitando, desta forma, a reivindicação dos cientistas de que havia sido feito um acordo com o proprietário para ficar com a pedra. Ainda não se sabe se os geólogos vão apelar da decisão...

sobrevivência e bem-estar. O texto ressalta a necessidade de valorizar e proteger esses serviços, especialmente mediante as ameaças enfrentadas pelos ecossistemas, como no caso dos rios. Propõe-se a identificação, valorização económica e pagamento destes serviços como uma abordagem para promover a protecção do próprio serviço e o uso sustentável dos ecossistemas, uma vez que a saúde dos ecossistemas é fundamental para garantir o fornecimento contínuo desses serviços.

Já a Saúde é abordada através de um artigo sobre o tratamento da Obesidade associada à Diabetes Tipo 2, explorando diferentes abordagens farmacológicas e destacando os agonistas do receptor do GLP-1 como agentes com efeito simultâneo no controle de ambas as doenças. O trabalho reforça ainda a necessidade de aumentar a conscientização sobre a obesidade e a diabetes como questões de saúde globais e garantir acesso equitativo ao tratamento para todas as pessoas afetadas. Um dos artigos foca a Química, com a proposta de uma atividade direcionada para a disciplina de Física e Química A de 11.º ano para explorar a aplicação de princípios químicos na interpretação de fenómenos naturais. Mais concretamente, o “Galo do tempo” é apresentado como sensor químico para a previsibilidade de chuva ou tempo seco e, de uma forma geral, como um indicador meteorológico baseado em mudanças de cor associadas a condições climáticas, cujo funcionamento é interpretado através do Princípio de Le Chatelier. Finalmente, a Geologia é representada num artigo que descreve as experiências de incursões (geológicas) pelo litoral do Rio de Janeiro, oferecendo uma visão fascinante da geodiversidade da região e destacando, não só a sua beleza e diversidade, mas também a sua importância científica e cultural na região.

Além dos artigos de contribuição, temos o texto do Imagem de Destaque, que alinha com a capa escolhida para este número da RCE. Escolhi um tema de tecnologia imersiva para dar a conhecer e divulgar junto da comunidade da Casa das Ciências o trabalho de investigação, formação e divulgação que tem sido feito no Laboratório de Realidade Virtual e Aumentada da Universidade de Aveiro, o [VAR Lab](#).

Em resumo, este número proporciona uma leitura intelectualmente estimulante através de diversas áreas do conhecimento científico, refletindo a interdisciplinaridade e a amplitude da investigação científica contemporânea. Não posso deixar de renovar o convite para submissão das vossas contribuições, pois é através da diversidade de perspectivas e de temas que enriquecemos esta publicação da Casa das Ciências. Aguardamos ansiosamente por novas contribuições que continuem a ampliar ainda mais o âmbito e a qualidade da nossa revista.

Boas leituras!

Sónia Gouveia

Universidade de Aveiro

Ondas eletromagnéticas.

Eduardo Lage

U.Porto

As equações fundamentais do Eletromagnetismo admitem soluções que se propagam nos meios como ondas do campo eletromagnético. Dielétricos ou condutores definem a relação de dispersão, a relação entre a frequência e o vetor de onda. Esta relação, obtida através dos modelos simples de Lorentz e Drude, é complexa nos metais e também nos dielétricos para frequências próximas de ressonâncias, em ambos os casos levando ao decaimento da amplitude da onda no tempo ou no espaço. A caracterização do campo transportado pela onda faz intervir o conceito de polarização e a velocidade a que se propaga define o índice de refração do meio, verificando-se que são reproduzidas as leis da óptica geométrica, mas indo para além delas como é bem exibido pela reflexão total frustrada, um fenómeno característico da natureza ondulatória da radiação.

Uma onda eletromagnética é uma perturbação do campo eletromagnético que se propaga através do meio onde é gerada. Nesse meio, os campos elétrico e magnético variam no tempo e no espaço originando, dessa forma, um transporte de energia e momento. No caso mais simples, a dependência temporal é sinusoidal, com uma frequência angular ω , dizendo-se então que a onda é monocromática. Em meios homogéneos, a caracterização mais simples para o campo faz intervir o conceito de onda plana, uma condição periódica no espaço definida pelo vetor de onda \vec{k} . A natureza do meio determina a relação entre ω e \vec{k} , designada por relação de dispersão. Embora seja comum tratar-se separadamente a propagação da onda em meios puramente dielétricos ou puramente condutores, há vantagem em considera-los em conjunto não só porque qualquer meio material apresenta simultaneamente aqueles limites como o formalismo é essencialmente o mesmo. Em qualquer caso, o meio será considerado isotrópico e linear, i.e., admitem-se relações lineares entre o deslocamento elétrico, \vec{D} , e o campo elétrico, \vec{E} , bem como entre o campo magnético, \vec{B} , e a sua intensidade, \vec{H} .

Em tais meios, as equações de Maxwell escrevem-se:

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho^{(l)} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \wedge \vec{H} = \vec{i}^{(l)} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (4)$$

onde $\rho^{(l)}$ e $\vec{i}^{(l)}$ são, respetivamente, as densidades de carga e corrente livres satisfazendo à lei de conservação:

$$\frac{\partial \rho^{(l)}}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{i}^{(l)} = 0 \quad (5)$$

Estas cargas e correntes são importantes em meios condutores onde será admitida a lei de Ohm:

$$\vec{i}^{(l)} = \sigma \vec{E} \quad (6)$$

Aqui, para simplificar, admite-se que o meio é não magnético:

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} \quad (7)$$

Com a relação linear entre \vec{D} e \vec{E} , que se especificará a seguir, todas as equações anteriores são lineares pelo que a solução geral é a sobreposição de ondas planas e monocromáticas.

Para qualquer destas ondas, os campos variam no espaço e no tempo sob a forma $e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}-i\omega t}$. Nestas condições, a relação referida fica:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \quad (8)$$

É importante notar que a permissividade elétrica, ε , depende, em geral de ω e \vec{k} . O modelo de Lorentz, tratado no Apêndice de *Polarização elétrica e magnetização*, fornece uma expressão simples, reproduzindo-se, a seguir, o resultado aí obtido para um oscilador harmónico (frequência natural ω_0 e constante de amortecimento γ):

$$\chi_e(\omega) = \frac{nq^2}{m\varepsilon_0} \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2 - i\gamma\omega} \rightarrow \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \equiv \varepsilon_r(\omega) = 1 + \chi_e(\omega) \quad (9)$$

onde n é a densidade de tais osciladores. No caso geral, a suscetibilidade apresenta-se como uma soma sobre os diferentes modos de vibração de moléculas ou da rede cristalina do dieléctrico, cada um com a sua frequência própria característica. Note-se, porém, que nem todos os modos contribuem: no exemplo da FIGURA 6A) em *Vibrações*, se os dois osciladores tiverem cargas iguais e opostas, apenas o modo anti-simétrico responde a uma onda cujo comprimento seja muito maior que a distância entre os osciladores. A FIGURA 1 exhibe as partes real e imaginária da suscetibilidade representada na equação (9).

Notar-se-á que a parte real da suscetibilidade cresce com a frequência até perto da ressonância em ω_0 onde decresce abruptamente, sendo também aí que se concentra a parte imaginária a qual determina absorção ressonante de energia. Para uma coleção de tais osciladores (molécula, sólido), a suscetibilidade apresenta-se como uma sobreposição de ressonâncias para diferentes frequências próprias.

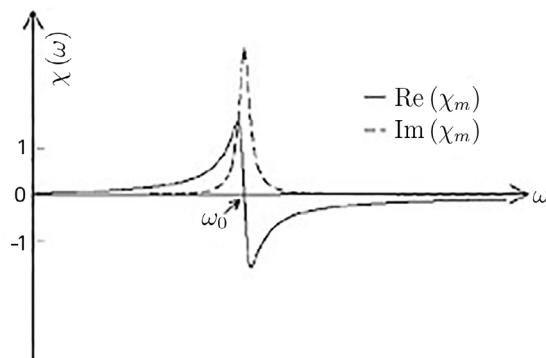


FIGURA 1. Partes real e imaginária da suscetibilidade elétrica.

Note-se que para frequências muito maiores que a frequência própria de oscilação, a suscetibilidade decai rapidamente, obtendo-se, da equação (9):

$$\varepsilon_r(\omega) \approx 1 - \frac{nq^2}{m\varepsilon_0\omega^2} \quad (10)$$

Em metais e outros condutores, o comportamento da onda eletromagnética é dominado pela condutividade, σ , do material. No Apêndice é apresentado o modelo de Drude que fornece uma expressão simples para esta grandeza:

$$\sigma = n \frac{q_e^2}{m} \tau \quad (11)$$

onde n é a densidade eletrônica e τ é o tempo médio entre duas colisões sucessivas de um elétron (com impurezas ou vibrações da rede cristalina). A condutividade varia com a frequência (e, sobretudo, com a temperatura), mas situa-se perto de $10^7 \Omega^{-1} m^{-1}$ nos metais. A FIGURA 2 exibe esta dependência para três metais. Para condutores, a dissipação dá-se, evidentemente, por efeito Joule.

Para a onda plana monocromática, a equação (1) fica:

$$\vec{k} \cdot \vec{D} = \varepsilon \vec{k} \cdot \vec{E} = -i\rho^{(l)}$$

Ora, a equação (5) dá:

$$\omega \rho^{(l)} = \vec{k} \cdot \vec{i}^{(l)} = \sigma \vec{k} \cdot \vec{E}$$

Substituindo na anterior, encontra-se:

$$\left(\varepsilon + i \frac{\sigma}{\omega} \right) \vec{k} \cdot \vec{E} = 0 \quad \rightarrow \quad \vec{k} \cdot \vec{E} = 0 \quad (12)$$

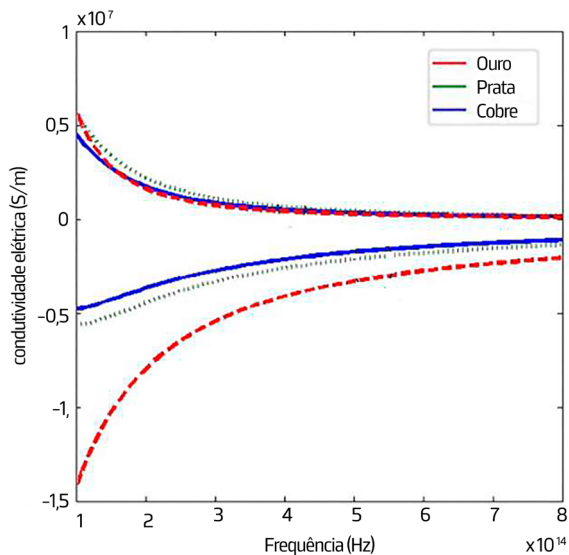


FIGURA 2. Dependência da condutividade na frequência (escala vertical logarítmica).

Deste modo, também é $\rho^{(l)} = 0$: cargas livres só poderão surgir na superfície dos materiais.

Por outro lado, as equações (2) e (7) dão:

$$\vec{k} \cdot \vec{H} = 0 \quad (13)$$

Estes dois importantes resultados mostram que as ondas eletromagnéticas, nos meios aqui considerados, são transversais para os campos elétrico e magnético (FIGURA 3).

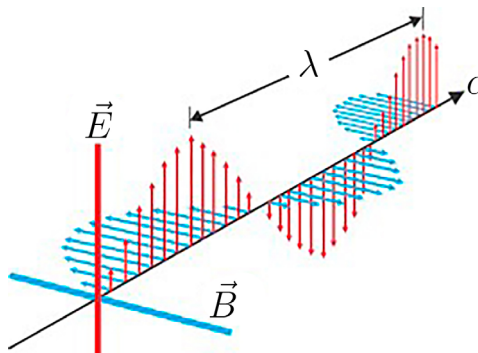


FIGURA 3. Transversalidade da onda eletromagnética.

A equação (3) fica:

$$\vec{k} \wedge \vec{E} = \mu_0 \omega \vec{H} \quad (14)$$

e a equação (4) dá:

$$\vec{k} \wedge \vec{H} = (\omega\varepsilon - i\sigma) \vec{E} \quad (15)$$

Estes resultados indicam que o triedro $(\vec{E}, \vec{H}, \vec{k})$ é direto, obtendo-se, também, a relação de dispersão:

$$k^2 = \mu_0 (\varepsilon\omega^2 - i\omega\sigma) \quad (16)$$

No caso particular do vazio ($\sigma = 0, \varepsilon = \varepsilon_0$), tem-se:

$$\omega^2 = \frac{k^2}{\varepsilon_0\mu_0} \quad (17)$$

Esta relação mostra que, no vazio, todas as ondas se propagam com a mesma velocidade de fase, $v_f = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$, caso em que se diz que não há dispersão. Esta velocidade foi deduzida por Maxwell (1864) que, usando os valores da permissividade e permeabilidade conhecidos para o ar, obteve um valor muito próximo da velocidade da luz no vazio, c . A identificação passou a ser universalmente aceite e a relação:

$$\varepsilon_0\mu_0c^2 = 1 \quad (18)$$

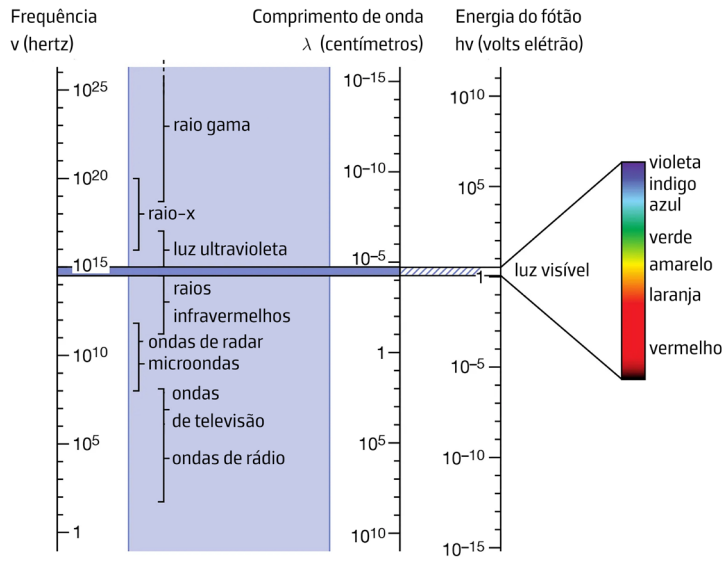
veio a adquirir um estatuto diferente. Com efeito, dada a importância da velocidade da luz na teoria da relatividade, optou-se modernamente por postular o seu valor:

$$c = 299792458\text{m/s} \quad (19)$$

Tal permite definir a unidade de comprimento (o metro) porque a unidade de tempo (o segundo) é definida com extrema precisão usando relógios atômicos.

Assim, com o valor também postulado no S.I. $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{H/m}$, a equação (18) passou a definir a permissividade elétrica do vazio, ε_0 .

A relação de dispersão para o vazio, equação (17) aplica-se a todo o espectro eletromagnético exibido na FIGURA 4 onde se caracterizam diferentes regiões, em particular a do espectro visível.



© Encyclopædia Britannica, Inc.

FIGURA 4. O espectro eletromagnético.

Regressando à equação (16), que significado tem uma relação de dispersão complexa? Ela não depende da direção do vetor de onda, como resulta da isotropia do meio. Considere-se, então, que essa direção é a do eixo z , de modo que os campos variam como $e^{ikz-i\omega t}$. Ora, duas situações ocorrem habitualmente:

1.^a A frequência é imposta por um emissor de radiação (por exemplo, antena). Assim, com ω real, a equação (16) dá, em geral, um vetor de onda complexo, $k = k' + ik''$ situado no primeiro quadrante, i.e., $k'' > 0$ (e, claro, também a solução simétrica situada no terceiro quadrante). Se o emissor se situar em $z = 0$, obtém-se $e^{ikz-i\omega t} = e^{ik'z-i\omega t} e^{-k''z}$, i.e., a onda propaga-se com a velocidade de fase $\frac{\omega}{k'}$ mas vai amortecendo a sua amplitude.

2.^a É imposto o vetor de onda, i.e., k real, como acontece, por exemplo, quando a onda oscila entre dois refletores (por exemplo, espelhos) no espaço entre os quais só é permitido um número inteiro de comprimentos de onda. Nestas condições, a equação (16) dá a solução complexa $\omega = \omega' - i\omega''$ situada no quarto quadrante (ou a sua simétrica, no segundo quadrante). Deste modo, os campos variam como $e^{ikz-i\omega't} e^{-\omega''t}$ representando uma propagação com decaimento no tempo. Este efeito não pode ser ignorado nos condutores e nos dielétricos quando a frequência está próxima da ressonância.

Nos dielétricos (isoladores), longe de ressonâncias, pode ignorar-se a parte imaginária da suscetibilidade, obtendo-se assim:

$$k^2 = \mu_0 \varepsilon \omega^2 = \varepsilon_r(\omega) \frac{\omega^2}{c^2} \quad (20)$$

o que define a velocidade de fase e o índice de refração, η , do material:

$$v_f(\omega) = \frac{\omega}{k} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r(\omega)}} \quad \eta \equiv \frac{c}{v_f} = \sqrt{\varepsilon_r(\omega)} \quad (21)$$

À medida que ω se aproxima de uma ressonância, $\varepsilon_r(\omega)$ cresce com ω (ver FIGURA 1), originando o crescimento do índice de refração — é a dispersão normal, como acontece com luz num prisma de vidro (FIGURA 5) ou numa gota de água (é esta dispersão que origina o arco-íris).

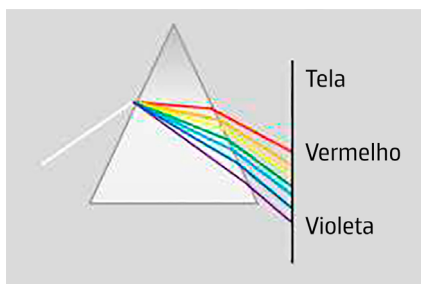


FIGURA 5. Dispersão normal de luz por um prisma.

Mas próximo da ressonância, a parte real de $\varepsilon_r(\omega)$ decresce rapidamente, determinando uma diminuição do índice de refração com a frequência — é a dispersão anômala. Nessa mesma zona de frequências, não pode ser ignorada a parte imaginária de $\varepsilon_r(\omega)$, originando absorção por ressonância. Note-se que para frequências muito maiores que as frequências de ressonância dos dielétricos, a suscetibilidade é praticamente nula, pelo que $\varepsilon_r \cong 1$ — o material é transparente para raios X ou γ . Contudo, nestes regimes, o modelo baseado num oscilador harmónico não mais se aplica, devendo ser substituído por modelos atômicos nos quais a absorção existe para transições entre níveis energéticos de átomos ou moléculas, originando riscas espectrais de absorção, ou destes níveis para a parte contínua do espectro atômico, criando bandas contínuas. Também nos sólidos existem absorções por excitação eletrónica da banda de valência para a banda de condução ou, nos semicondutores, de estados atômicos de impurezas para aquelas bandas. Estes importantes tópicos não serão aqui considerados.

Embriões de peixe-zebra (*Danio rerio*).

Como modelo na avaliação de teratogénese causada por tóxicos.

**Ondina Ribeiro^{*,‡}, Luís Félix^{*,+}, Sandra Mariza Monteiro^{*,+}, Cláudia Ribeiro^{‡,*},
António Fontainhas-Fernandes^{*,+}, João Soares Carrola^{*}**

^{*} CITAB/UTAD | [‡]1H-TOXRUN/CESPU | ⁺Inov4Agro | ^{*}CIIMAR

A utilização de modelos animais vertebrados na investigação tem sido fundamental para a compreensão dos processos fisiopatológicos humanos. No entanto, nas últimas duas décadas, a utilização de modelos vertebrados alternativos tem vindo a aumentar, tendo em conta o princípio dos 3 Rs proposto por William Russell e Rex Burch em 1959. Neste sentido, o uso do peixe-zebra (*Danio rerio*) como modelo na investigação de ciências biomédicas e patologias humanas teve um aumento considerável. De facto, esta espécie apresenta um conjunto de características bioquímicas, fisiológicas, genéticas morfológicas e embriológicas que o tornam um modelo de estudo muito utilizado. Possui um ciclo de vida rápido, reprodução durante todo o ano, fecundidade elevada, e, além disso, o córion é transparente e o embrião semitransparente, o que torna a observação do desenvolvimento embrionário muito fácil usando uma lupa ou microscópio. Acrescem a estas vantagens considerações éticas na avaliação do potencial teratogénico de compostos químicos, como sejam o facto das fases iniciais de vida até às 120 horas após fertilização, não serem consideradas como “animais experimentais”, de acordo com a diretiva da União Europeia 2010/63/EU, transposta para o Decreto-lei 113/2013, respeitante à proteção dos animais utilizados para fins experimentais e outros fins científicos.

Este trabalho pretende fazer uma abordagem geral sobre a utilização do embrião de peixe-zebra como modelo animal para: a) avaliar o potencial teratogénico de compostos; b) analisar algumas das metodologias usadas para avaliação das malformações e c) utilização de diferentes parâmetros como indicadores de toxicidade. São também abordadas as diferentes formas de classificação das malformações e a sua severidade de forma a classificar os compostos químicos como teratogénicos ou não.

Modelos animais na investigação biomédica.

O uso de modelos animais vertebrados na investigação biomédica remonta ao século VI a.C, na Grécia Antiga, para o estudo da anatomia e fisiologia humana. Apesar das grandes descobertas no período inicial da investigação, ainda havia diversos equívocos e lacunas sobre o funcionamento do corpo humano. Só no Renascimento (séculos XIV a XVI) é que os organismos modelo contribuíram para uma verdadeira mudança na compreensão da histologia e fisiologia humana, o que levou à sua utilização até aos dias de hoje.

Desde o século passado, estes modelos animais têm vindo a ser utilizados para entender as doenças humanas e os seus mecanismos fisiopatológicos a nível celular e molecular, bem como para o desenvolvimento de novos fármacos, vacinas, terapias, entre outros.

A investigação biomédica centrou-se muito na utilização de roedores, devido à sua semelhança anatómica, fisiológica, bem como à sua elevada homologia com o genoma humano. Contudo, diversos outros vertebrados podem ser utilizados, tais como anfíbios, peixes, coelhos, cães, incluindo, em situações excecionais, primatas não-humanos.

No entanto, a preocupação crescente com o bem-estar animal veio alterar o panorama da utilização de animais como modelos para investigação e para fins pedagógicos. Esta preocupação remonta já a 1959, quando William Russell e Rex Burch publicaram o livro *Os Princípios Humanitários da Técnica Experimental*, pioneiros na formulação do princípio dos 3 Rs (*Replacement, Reduction and Refinement*, em português *Substituição, Redução e Refinamento*). Este princípio é cientificamente aceite e tem sido implementado na legislação mundial relativa à experimentação animal e também na legislação portuguesa, em particular o Decreto-lei 113/2013, respeitante à proteção dos animais utilizados para fins experimentais e outros fins científicos.

Com o aumento da investigação a nível global, registou-se também um incremento no número de animais vertebrados utilizados. No entanto, em consonância com a crescente preocupação com o bem-estar animal, tornou-se necessário desenvolver ensaios e metodologias alternativas considerando a necessidade, viabilidade, ética, potencial dano causado e o retorno da investigação realizada. Essas alternativas incluem ensaios *in silico* (simulações computacionais) e *in vitro* (realizados em ambiente controlado de laboratório) contribuindo de forma relevante na substituição e na redução do número de animais utilizados.

Nos últimos anos, tem havido um interesse científico crescente em estabelecer organismos modelo alternativos para substituir mamíferos e vertebrados superiores, em conformidade com o já referido princípio dos 3 Rs. Alguns exemplos de organismos modelo alternativos são a mosca-da-fruta (*Drosophila melanogaster*), o nemátodo terrestre (*Caenorhabditis elegans*) e o peixe-zebra (*Danio rerio*). Esses organismos oferecem oportunidades valiosas, permitindo avanços científicos sem a necessidade de utilizar animais vertebrados de maior complexidade.

Substituição de roedores por Peixe-zebra nos estudos de teratogénese.

A utilização de testes de toxicidade *in vivo* com roedores tem permitido a avaliação dos efeitos induzidos por tóxicos no seu desenvolvimento embrionário, no entanto, a sua utilização na investigação fundamental e aplicada tem diminuído. Como alternativa, o peixe-zebra tem vindo a ganhar destaque devido à semelhança e conservação dos seus mecanismos moleculares com os mamíferos, durante a organogénese. Adicionalmente, a organogénese da maioria dos órgãos do peixe-zebra é concluída até aos 5 dias após-fertilização, muito mais rápida do que em roedores. Esta rapidez e a comparabilidade dos resultados têm validado o peixe-zebra como um modelo experimental adequado, resultando num aumento considerável da sua utilização em detrimento do rato (*Rattus norvegicus*) e/ou do murganho (*Mus musculus*). Adicionalmente, o peixe-zebra

oferece uma série de vantagens em relação aos modelos roedores (TABELA 1). Como consequência, este organismo tem vindo a ser crescentemente utilizado para estimar o potencial teratogénico de compostos tóxicos em outros vertebrados e em humanos. Num estudo realizado por Jarque *et al.*, foram testados 31 compostos e os resultados mostraram que o peixe-zebra pode ser utilizado para prever a teratogenicidade em mamíferos, apresentando elevada sensibilidade (94,44%), especificidade (90,91%) e precisão (87,10%), de forma similar aos roedores.

Apesar do peixe-zebra não substituir completamente os roedores como modelo para prever a toxicidade durante o desenvolvimento, é útil para fazer uma estimativa preliminar de teratogenicidade para muitos compostos e é um ótimo modelo em ensaios ecotoxicológicos).

TABELA 1. Comparação entre as características do peixe-zebra e roedores.

Características	Peixe-zebra	Roedores
Tamanho	Pequeno (3-4 cm)	Relativamente grande em particular o rato (\approx 500gr)
Custos de manutenção	Relativamente baixos	Relativamente altos
Requisitos de alojamento	Menos espaço necessário	Ocupa muito espaço
Desenvolvimento	Externo	Interno
Tempo de vida	\approx 3 a 5 anos	\approx 2 a 4 anos
Observação do desenvolvimento embrionário	Fácil usando uma lupa	Possível com recurso a ultrassons
Manipulação genética	Relativamente fácil	Processo difícil
Ciclo experimental	Curto	Longo
Restrições éticas	Poucas	Bastantes

O Peixe-zebra como organismo modelo.

O peixe-zebra emergiu como modelo animal a partir da década de 1980, principalmente na área da biologia do desenvolvimento. No entanto, ao longo dos anos, o peixe-zebra tem-se estabelecido como organismo modelo em diversas áreas de investigação, como evidenciado na TABELA 2. A sua versatilidade e características favoráveis têm impulsionado o seu uso em estudos sobre diversos aspetos biológicos e fisiológicos, tornando-o numa ferramenta valiosa para a compreensão dos mecanismos biológicos e a investigação de doenças.

TABELA 2. Áreas de investigação que usam o peixe-zebra como organismo modelo.

Áreas de investigação	Bibliografia
Biologia do desenvolvimento	Kimmel <i>et al.</i> (1995); Briggs (2002); Bailey <i>et al.</i> (2013)
Biomédica	Valle <i>et al.</i> (2020); Choi <i>et al.</i> (2021); Dubey <i>et al.</i> (2022)
Carcinogénese	Stoletov e Klemke (2008); White <i>et al.</i> (2008); Gamble <i>et al.</i> (2021)
Ecotoxicologia	Nagel (2002); Braunbeck <i>et al.</i> (2005); Ribeiro <i>et al.</i> (2023)
Genética	Bandmann e Burton (2010); Crouzier <i>et al.</i> (2021); Choe e Kim (2023)
Neurociência	Kalueff <i>et al.</i> (2014); Abreu <i>et al.</i> (2020); Gerlai (2022)
Toxicologia	Dai <i>et al.</i> (2014); Tanguay (2018); Brito <i>et al.</i> (2022)

D. rerio compartilha muitas características com outras espécies de vertebrados, apresentando um plano corporal básico de cordados, incluindo notocorda, neurocrânio, células da crista neural, estruturas epidérmicas definidas, placódios sensoriais e estruturas neurológicas distintas. Estas semelhanças tornam o peixe-zebra um modelo ideal para estudar uma ampla gama de processos biológicos, desde o desenvolvimento embrionário até à resposta imunológica. Permite ainda fazer a microinjeção celular, uma técnica útil para introduzir tóxicos ou toxinas diretamente no ovo, e mimetizando a transferência parental e que pode ser realizada de forma automatizada.

Adicionalmente, existem outras vantagens para a utilização desta espécie como organismo modelo na investigação, como detalhado na FIGURA 1 e discutido em estudos anteriores.



FIGURA 1. Esquema com as diversas vantagens da utilização do peixe-zebra como organismo modelo, quer como adulto quer na fase de embrião.

O genoma do peixe-zebra foi completamente sequenciado e compartilha elevada homologia genética com os vertebrados superiores, exibindo um grande número de características genéticas comuns a outros vertebrados. Aproximadamente 70% dos genes humanos têm pelo menos um gene ortólogo no peixe-zebra, o que evidencia uma importante semelhança genética entre as duas espécies. Adicionalmente, as vias de desenvolvimento são conservadas entre o peixe-zebra e o ser humano, tornando-o particularmente sensível a compostos que podem causar efeitos teratogénicos. Estas características destacam a adequação do peixe-zebra como um modelo experimental para estudar os efeitos de substâncias tóxicas e sua potencial influência no desenvolvimento embrionário.

Apesar das vantagens do peixe-zebra como organismo modelo na investigação serem muitas e aumentarem com o avanço da manipulação genética, também existem algumas limitações/desvantagens ao seu uso e que devem ser consideradas.

O peixe-zebra é ovíparo e os embriões desenvolvem-se externamente, ao contrário dos organismos placentários como os mamíferos. Isto faz com que a exposição aos compostos seja diferente (exposição direta *versus* indireta), o que pode levar a variações na taxa de absorção, distribuição, metabolização e capacidade de ativação do tóxico no peixe-zebra em comparação com os mamíferos. Adicionalmente, a presença do córion (FIGURA 2) até às 48 ou 72 horas após-fertilização confere uma barreira contra substâncias tóxicas com tamanho molecular

superior a 3000 Da, o que pode dificultar a sua entrada e a exposição do embrião. Esta característica pode ser muito útil pois é possível fazer a desinfecção dos ovos antes do início dos ensaios ou antes da sua transferência para outros centros de investigação, permitindo uma melhor segurança sanitária minimizando a transferência de parasitas, bactérias, vírus ou fungos.

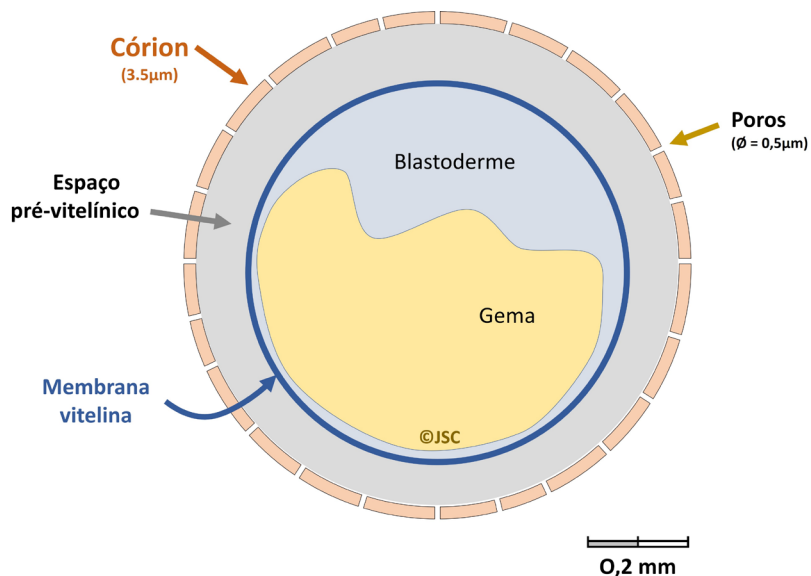


FIGURA 2. Estrutura geral do ovo de peixe-zebra, onde se pode observar um invólucro fino e duro (córion) que confere proteção e que pode ser uma barreira para as substâncias tóxicas presentes na água.

Esta espécie é evolutivamente mais distante em relação ao Homem do que outros organismos vulgarmente usados como espécies modelo, como por exemplo os roedores. Além disso, não possui alguns órgãos e estruturas comparativamente aos humanos, como por exemplo pulmões, membros, articulações, septo cardíaco, entre outros, o que dificulta a sua utilização em algumas áreas de investigação. Adicionalmente, a determinação sexual do peixe-zebra também difere dos mamíferos, uma vez que esta espécie não possui um cromossoma que define o sexo do organismo e possuem um mecanismo de determinação sexual altamente complexo.

Medronheiro.

João Martins, Jorge Canhoto

CEF/LAT/DCV/U. Coimbra

O medronheiro (*Arbutus unedo* L.), uma árvore perene tolerante à seca e baixas temperaturas, cresce ao longo da Bacia do Mediterrâneo, sendo uma espécie-chave nos ecossistemas da região. As suas características fenológicas, frutificação e propagação, juntamente com o seu papel na estabilização do solo e na regeneração após incêndios, tornam-no essencial para a manutenção da biodiversidade e a conservação de ecossistemas. Além disso, os frutos e produtos derivados, como aguardente e mel, apresentam grande potencial económico. Recentemente, o interesse renovado no medronheiro resultou em estudos genéticos e programas de propagação, procurando melhorar a qualidade das plantas e desenvolver génotipos mais resistentes a stresses ambientais. Essa atenção revitalizada destaca não apenas o seu valor ecológico, mas também o seu potencial como recurso sustentável para a indústria e agricultura.

Arbutus unedo L., é uma pequena árvore perene conhecida comumente como medronheiro (FIGURA 1A)), bastante tolerante à seca, e que suporta temperaturas relativamente baixas, até -10 °C. O medronheiro cresce geralmente em solos ácidos, rochosos e bem drenados, ao longo da Bacia do Mediterrâneo, desde Espanha até à Turquia, algumas regiões do Norte da África, Ilhas do Mediterrâneo e a costa atlântica da França, Irlanda e Portugal (FIGURA 1D)), associado a comunidades arbustivas ou florestas de espécies dos géneros *Quercus* (carvalhos) e *Pinus* (pinheiros). O género *Arbutus* pertence à cosmopolita família Ericaceae, que representa 2% de todas as eudicotiledóneas. Inclui cerca de 20 espécies, distribuídas ao longo da costa oeste dos EUA, América Central, Europa Ocidental, Bacia do Mediterrâneo, Norte da África e Médio Oriente.

As folhas do medronheiro exibem uma morfologia lauroide, são pecioladas, oblongo-lanceoladas e geralmente serrilhadas, com uma cor verde-claro intensa quando jovens e mais escura quando maduras. As flores hermafroditas são em forma de sino, com corola urceolada (FIGURA 1B)), esbranquiçadas a ligeiramente rosadas e dispostas em panículas pendentes (até 30 flores). A corola é simpétala e o ovário é pentalocular, contendo vários óvulos. Cada flor contém 10 anteras, onde se desenvolve o pólen de forma esférica que é libertado através de um poro em unidades de quatro grãos (tétradas tetraédricas). A polinização é entomófila, realizada por diversos insetos, especialmente *Bombus terrestris* (abelhão) e *Apis mellifera* (abelha-do-mel). O ciclo fenológico do medronheiro é muito lento e estende-se por quase dois anos. Durante este período, podem ser observadas três etapas distintas: botões florais, flores em antese e frutificação.



FIGURA 1. A) Árvore adulta de medronheiro (*Arbutus unedo* L.). B) Flores de medronheiro. C) Frutos de medronheiro (medronhos). D) Mapa de distribuição do medronheiro (adaptado de Caudullo et al., 2017).

Os primeiros botões florais começam a formar-se em junho e a antese, que geralmente começa em outubro, pode prolongar-se até janeiro. Após a fecundação, inicia-se o longo processo de desenvolvimento do fruto, levando pelo menos 9 meses até estar concluído (FIGURA 2). O medronho, é uma baga mais ou menos esférica (FIGURA 1C)), com cerca de 2 cm de diâmetro, coberta por papilas cónicas que geralmente contém de 10 a 50 pequenas sementes, que são dispersas por endozocoria. A cor do fruto muda durante o desenvolvimento, passando por verde, amarelo, laranja e vermelho intenso quando maduro. No outono, flores e frutos podem ser encontrados simultaneamente na mesma árvore, o que torna esta espécie uma interessante árvore ou arbusto ornamental.

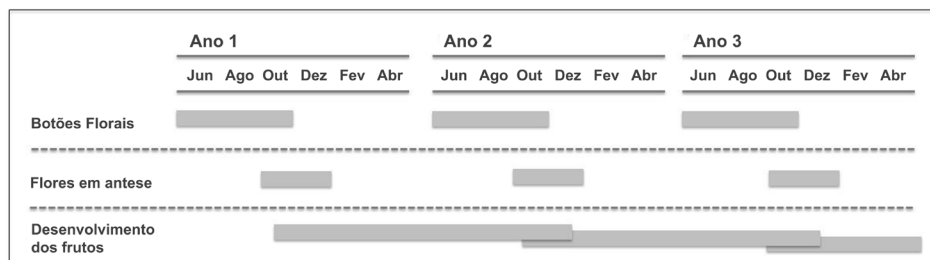


FIGURA 2. Ciclo fenológico do medronheiro.

O medronheiro é uma espécie-chave nos ecossistemas mediterrânicos, especialmente em zonas onde as amplitudes térmicas são elevadas e a água é escassa nos meses de verão. Não apenas fornece alimento e abrigo à fauna, mas ajuda a estabilizar os solos, evitando a erosão e promovendo a retenção de água, dois serviços cruciais dos ecossistemas florestais. Além disso, tem uma grande capacidade regenerativa após incêndios florestais, característica que torna uma espécie interessante para programas de reflorestação, especialmente em países do sul da Europa, como Portugal, Espanha e Grécia, onde os incêndios são comuns. Apresenta ainda potencial para ser utilizado em programas de fitoestabilização, devido à sua tolerância a metais pesados.

Trata-se de uma espécie com um enorme potencial económico, uma vez que os frutos comestíveis podem ser consumidos em fresco, ou utilizados na produção de compota, geleia, gelado, pão, etc. Através da fermentação dos frutos e destilação, é produzida uma aguardente, que é provavelmente o produto derivado do medronheiro mais valorizado. Cada árvore produz em média 7 a 10 kg de frutos, e geralmente são necessários 10 kg de frutos para produzir 1 L de aguardente. O mel de medronheiro é outro produto típico de algumas regiões mediterrânicas, muito apreciado pelo seu sabor amargo, odor intenso e cor âmbar, riqueza em aminoácidos e propriedades antioxidantes. A sua produção é geralmente baixa, devido à época do ano (Outono) em que ocorre a floração. Além disso, vários compostos químicos com propriedades bioativas foram identificados em diferentes partes da planta, com aplicações nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentar, destacando-se a arbutina, um dos componentes maioritários, usado em cosméticos clareadores da pele. Além disso, a sua microbiota é muito diversa, e alguns destes microorganismos apresentam potencial como agentes de controlo biológico através da produção de enzimas (p.ex.: *Trichoderma* spp.) ou como promotores de crescimento das plantas, através de diversos mecanismos, como solubilização de fosfato, produção de sideróforos ou da hormona vegetal ácido indol-3-acético, uma auxina também produzida por algumas bactérias (p.ex.: *Bacillus megaterium*).

Apesar de outrora ter sido considerada uma espécie negligenciada, problemas fitossanitários bem como a intensidade e frequência de incêndios florestais associados a monoculturas florestais de pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e eucalipto (*Eucalyptus globulus*), levaram a um

renovado interesse no medronheiro, não apenas por autoridades governamentais e autárquicas, mas também por agricultores e produtores florestais. Como resultado, foram instalados vários pomares para produção, e em 2020, Portugal tornou-se o maior produtor mundial de medronho. Assim, a procura por plantas de qualidade aumentou, especialmente de genótipos selecionados e clonados. Devido à dificuldade de propagação por métodos convencionais, diferentes protocolos de micropropagação foram desenvolvidos, que permitem obter plantas clonadas através de propagação de meristemas axilares, organogénese ou embriogénese somática. Diversos estudos genéticos revelaram uma grande diversidade intra-populacional, e desenvolveram possíveis marcadores genéticos, o que pode facilitar a seleção de plantas de melhor qualidade. Estudos de tolerância ao stresse hídrico identificaram uma estratégia de conservação de água através do fecho dos estomas, reduzindo a perda de água por transpiração, típica de espécies isohídricas. Além disso, durante períodos de stresse hídrico, a planta desenvolve uma série de adaptações fisiológicas e bioquímicas, produzindo uma variedade de metabolitos e ajustando a expressão de genes relacionados à resposta ao stresse. Estes estudos permitem não só compreender os mecanismos de tolerância à seca, mas também selecionar genótipos mais adaptados a ambientes com escassez de água, uma situação que permitirá às plantas resistirem melhor às alterações ambientais que se projectam para as zonas mediterrânicas.

O interesse renovado nesta espécie trouxe consigo a necessidade de estudos genéticos e de propagação para melhorar a qualidade das plantas, bem como a procura por genótipos mais resistentes a stresses ambientais. Essa nova atenção reforça o potencial do medronheiro não apenas como uma espécie de importância ecológica, mas também como um recurso valioso e sustentável para várias indústrias e práticas agrícolas.

Serviços ecossistêmicos.

O papel fundamental dos rios.

Verónica Ferreira

MARE/U. Coimbra

Serviços ecossistêmicos são os bens e recursos que as pessoas obtêm dos ecossistemas e que lhes trazem um benefício (por exemplo, contribuem para a sua sobrevivência, realização de atividades, bem-estar). Os serviços ecossistêmicos podem ser diretos se são usados diretamente pelas pessoas (como água, alimento, fibras, espaço para atividades de lazer) ou indiretos se contribuem para a manutenção do ecossistema e o fornecimento de serviços diretos (e incluem, por exemplo, os ciclos da água e dos nutrientes, a manutenção da biodiversidade). Os serviços ecossistêmicos diretos podem ser do tipo consumptivo (como água, alimento, fibras) ou não-consumptivo (como espaço para atividades de lazer) dependendo se a sua utilização reduz a sua quantidade disponível. Os serviços ecossistêmicos podem também ser classificados de acordo com o tipo de benefício que proporcionam às pessoas; por exemplo, os serviços de aprovisionamento incluem os produtos que as pessoas consomem como água, alimento, fibras e energia, enquanto os serviços culturais incluem os benefícios imateriais que se obtêm dos ecossistemas como valores estéticos, valores espirituais e atividades de lazer. Os múltiplos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos rios não podem ser tomados como garantidos em face das múltiplas ameaças a que estes ecossistemas estão sujeitos. Uma abordagem para promover a proteção e o restauro dos rios (e outros ecossistemas) é a identificação dos serviços ecossistêmicos que fornecem e a sua valoração económica. O pagamento por serviços ecossistêmicos pode também contribuir para incentivar a conservação e o uso sustentável dos ecossistemas. A saúde dos ecossistemas é fundamental para garantir o fornecimento contínuo dos serviços ecossistêmicos.

Serviços ecossistêmicos: definição, tipos e abordagens.

Serviços ecossistêmicos, serviços do ecossistema, serviços ecológicos ou serviços ambientais, são os benefícios – bens e recursos – que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Os serviços ecossistêmicos podem ser diretos ou indiretos. Os serviços diretos são aqueles que estão diretamente ligados aos benefícios tangíveis que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Estes serviços são geralmente mais visíveis e facilmente quantificáveis, e, no caso dos rios, incluem, por exemplo, o fornecimento de alimentos (como peixe ou agriões), água (para consumo, rega, uso industrial, etc.), fibras (como juncos para cestaria), materiais inertes (como areias para construção) e atividades de recreação (como banhos ou pesca desportiva). Os serviços indiretos são aqueles que não são utilizados diretamente pelas pessoas, mas que desempenham um papel essencial no funcionamento dos ecossistemas e no fornecimento dos serviços diretos. Exem-

plos de serviços indiretos fornecidos pelos rios são a reciclagem de nutrientes, que é essencial à saúde do ecossistema e à manutenção da qualidade da água, e a regulação climática, que contribui para a manutenção de temperaturas amenas nas áreas circundantes. No entanto, a identificação de um serviço ecossistêmico como direto ou indireto nem sempre é clara e depende frequentemente do contexto. Por exemplo, o fornecimento de água pelos rios pode ser um serviço ecossistêmico direto quando considerada a utilização direta da água pelas pessoas (para consumo, rega, etc.) ou indireto quando considerada a importância da água na manutenção do ecossistema e no fornecimento de outros serviços.

Por sua vez, os serviços ecossistêmicos diretos podem ser do tipo consumptivo ou não-consumptivo. Os serviços do tipo consumptivo são aqueles cuja utilização leva a uma redução da quantidade disponível para outro uso ou uso por outra pessoa, isto é, estes serviços são consumidos durante a sua utilização. Exemplos de serviços do tipo consumptivo incluem a extração de alimentos, água, fibras e materiais inertes dos rios. Os serviços do tipo não-consumptivo são aqueles cuja utilização não afeta a quantidade disponível, isto é, estes serviços podem ser utilizados repetidamente sem diminuir a sua disponibilidade para outros usos ou outras pessoas. Exemplos de serviços do tipo não-consumptivo incluem as atividades de lazer e recreação, contemplação e usos espirituais.

As primeiras referências ao conceito de serviços ecossistêmicos ocorreram nas décadas de 1960 e 1970, com a primeira referência explícita ao termo “serviços ecossistêmicos” a surgir no início da década de 1980. No entanto, só depois do estudo de Robert Costanza e colegas, publicado em 1997, é que os serviços ecossistêmicos começaram a ser seriamente identificados, quantificados e valorados do ponto de vista económico. Nesse estudo, a equipa estimou o valor económico anual de 17 serviços ecossistêmicos fornecidos por 16 biomas a nível global e concluiu que este valor era, em média, cerca de duas vezes superior ao produto nacional bruto global à data (1994); ainda assim, o valor obtido era claramente uma subestimativa uma vez que não foram considerados todos os serviços ecossistêmicos nem todos os biomas. Sendo o primeiro a quantificar o valor económico dos serviços ecossistêmicos à escala global, o estudo de Robert Costanza e colegas contribuiu para (i) promover o reconhecimento do valor dos serviços ecossistêmicos e mostrar que os ecossistemas têm um valor económico relevante, além de serem importantes para a sobrevivência e o bem-estar humano, (ii) destacar os impactes negativos da degradação e da perda dos ecossistemas e sensibilizar a sociedade para a degradação dos ecossistemas e para a importância da sua conservação e gestão sustentável, e (iii) influenciar a tomada de decisões ao ajudar a justificar investimentos em conservação, restauro e uso sustentável dos ecossistemas, além de incentivar a integração dos serviços ecossistêmicos nas avaliações de impacte e nas políticas de desenvolvimento. Com os seus contributos, o estudo de Robert Costanza e colegas mostrou que a abordagem dos serviços ecossistêmicos é relevante porque ajuda a reconhecer e a valorizar os benefícios que os ecossistemas proporcionam às pessoas, promovendo uma maior conscientização sobre a importância da conservação e do uso sustentável dos ecossistemas.

Na esteira do estudo de Robert Costanza e colegas, e do crescente reconhecimento da importância dos serviços ecossistêmicos para o bem-estar humano, a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu, entre 2001 e 2005, um estudo para avaliar a nível global o estado dos ecossistemas, os serviços ecossistêmicos que eles fornecem e as consequências da sua degradação, a fim de aumentar a conscientização, influenciar a tomada de decisões e impulsionar ações para a conservação e o uso sustentável dos ecossistemas. O relatório Avaliação Ecosistêmica do Milênio (no original: *Millennium Ecosystem Assessment*, MEA), publicado pela ONU em 2005, identifica 33 serviços ecossistêmicos que agrupa em quatro categorias: serviços de suporte, serviços de regulação, serviços de provisão e serviços culturais (TABELA 1). Em geral, os serviços de suporte e de regulação são serviços indiretos enquanto os serviços de provisão e culturais são serviços diretos, sendo os serviços de provisão do tipo consumptivo e os serviços culturais do tipo não-consumptivo. Notar que um determinado ecossistema pode fornecer apenas alguns serviços ecossistêmicos e que diferentes ecossistemas podem diferir no grau com que fornecem um determinado serviço ecossistêmico.

Como definidos, os serviços ecossistêmicos são necessariamente vistos de uma perspectiva antropocêntrica e utilitarista. No entanto, a abordagem dos serviços ecossistêmicos reflete a dependência da humanidade em relação à natureza e pode contribuir para aumentar a consciência ecológica da sociedade. A abordagem dos serviços ecossistêmicos é também versátil na medida em que pode considerar os serviços efetivamente fornecidos por ecossistemas, mas também os serviços fornecidos por grupos taxonômicos (por exemplo, peixes) ou funcionais (por exemplo, microrganismos decompositores).

TABELA 1. Abordagem adotada pelo relatório *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) para classificar os 33 serviços ecossistêmicos que identificou. Notar que um ecossistema pode fornecer apenas alguns destes serviços.

Categoria	Definição	Serviços ecossistêmicos identificados pelo MEA
Serviços de suporte	Serviços necessários à produção de todos os outros serviços	Ciclo da água; Ciclos dos nutrientes; Produção primária; Produção de oxigênio; Formação e retenção do solo; Provisão de habitat
Serviços de regulação	Benefícios que resultam da regulação de processos do ecossistema	Proteção contra eventos extremos; Controlo da erosão; Regulação do clima; Manutenção da qualidade do ar; Regulação da água; Purificação da água; Polinização; Regulação de doenças humanas; Controlo biológico
Serviços de provisão	Produtos que se obtêm do ecossistema	Água doce; Alimento; Recursos ornamentais; Recursos genéticos; Fibras; Combustível/Energia; Remédios naturais e recursos bioquímicos e farmacêuticos
Serviços culturais	Benefícios imateriais que se obtêm do ecossistema	Valores estéticos; Inspiração; Valores religiosos e espirituais; Sentido de lugar; Ecoturismo; Recreação; Valores educativos; Diversidade cultural; Sistemas de conhecimento; Relações sociais; Valores de herança cultural

Depois da publicação do relatório MEA surgiram abordagens alternativas que introduziram algumas (pequenas) variações à abordagem de serviços ecossistêmicos proposta pelo MEA e que não vão ser destacadas aqui. Em 2012, a União Europeia adotou a Classificação Internacional Comum dos Serviços Ecossistêmicos (no original: *Common International Classification of Ecosystem Services*, CICES), cuja última atualização é de 2018, sendo atualmente o sistema de classificação de serviços ecossistêmicos mais utilizado por cientistas e decisores porque apresenta uma abordagem mais integradora e global que permite reunir informação capaz de integrar os sistemas de contabilidade nacionais (por exemplo, para cálculo do produto interno bruto). A CICES considera uma gama mais alargada de serviços ecossistêmicos em relação aos identificados pelo MEA (TABELA 1), que agrupa em três categorias: serviços de regulação e de manutenção, serviços de aprovisionamento e serviços culturais. Os serviços de suporte definidos no MEA são aqui considerados parte integrante das estruturas, processos e funções característicos dos ecossistemas. Na CICES, a classificação dos serviços ecossistêmicos é baseada numa abordagem hierárquica com cinco níveis. No primeiro nível (secção) há três categorias amplas que correspondem às três categorias de serviços ecossistêmicos.

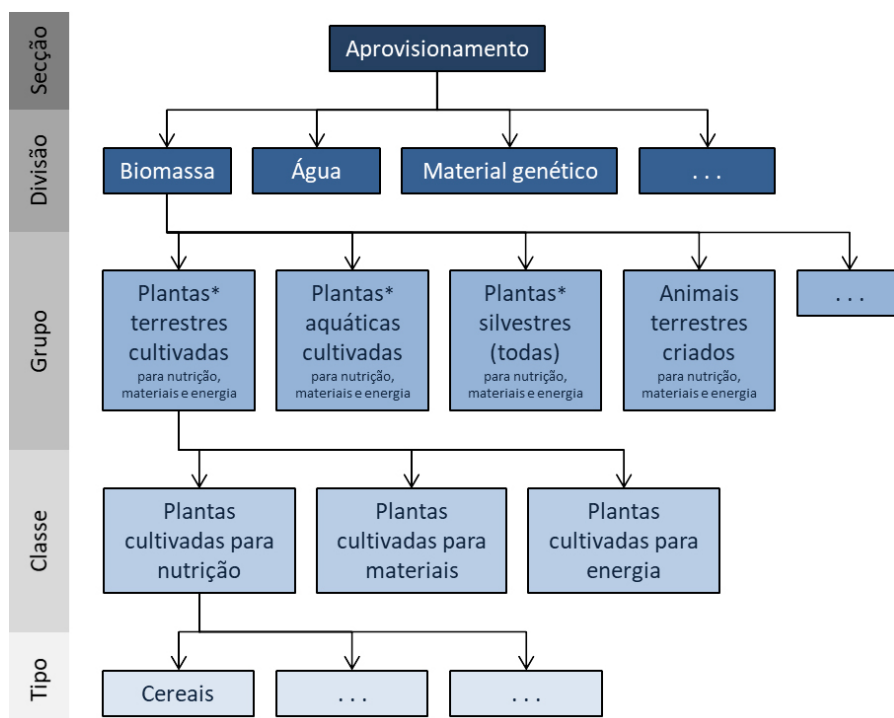


FIGURA 1. Representação esquemática da estrutura de classificação dos serviços ecossistêmicos (na categoria "serviços de aprovisionamento") desenvolvida pela *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES).

Notar que um ecossistema pode fornecer serviços em apenas algumas das divisões ou grupos considerados pela CICES. "Plantas" inclui também fungos e algas.

Cada uma destas categorias é subdividida em categorias mais específicas (divisões), totalizando 18 divisões. Cada divisão é subdividida em grupos específicos de serviços totalizando 44 grupos. Os grupos são subdivididos em classes e as classes em tipos (FIGURA 1).

Serviços ecossistêmicos fornecidos pelos rios.

A dependência das pessoas em relação aos rios é antiga como comprova o estabelecimento das primeiras grandes civilizações nas margens dos rios: a Suméria entre os rios Tigre e Eufrates, o Antigo Egito no Vale do rio Nilo e a Civilização do Vale do Indo. Os rios fornecem potencialmente uma vasta lista de serviços ecossistêmicos (FIGURA 2, TABELA 2 e TABELA 3). No entanto, as características dos rios (por exemplo, a sua posição na rede hidrográfica, dimensão, regime hidrológico, estado de conservação) vão condicionar o número, tipo e magnitude dos serviços ecossistêmicos fornecidos.



FIGURA 2. Serviços ecossistêmicos fornecidos pelos rios. Foi seguida a abordagem adotada pelo MEA com retenção dos serviços ecossistêmicos especificamente fornecidos por rios e identificação de outros serviços ecossistêmicos adicionais.

Como tratar a obesidade associada à diabetes tipo 2?

Carina Proença, Ana T. Rufino, Marisa Freitas, Eduarda Fernandes

LAQV, REQUIMTE/LQA/DCQ/FFUP

ARTIGO

28

A obesidade é considerada um dos principais fatores de risco para a diabetes mellitus tipo 2. O tratamento simultâneo destas doenças tem sido um desafio, uma vez que vários agentes anti-diabéticos induzem o aumento de peso e as opções farmacológicas para o tratamento da obesidade são escassas. Neste artigo, são apresentados os fármacos disponíveis na terapia da obesidade e diabetes tipo 2, sendo que os agonistas do recetor do peptídeo semelhante à glicagina-1 (GLP1Ras) parecem ser os únicos agentes com efeito simultâneo no controlo de ambas as doenças. Um tratamento personalizado com agentes eficazes e seguros é crucial para o tratamento destas doenças e assim restituir qualidade de vida aos pacientes.

Diabetes e obesidade.

A diabetes *mellitus* caracteriza-se pela presença de elevados níveis de glicose plasmática, designada por hiperglicemia, como resultado de deficiências na secreção de insulina e/ou resistência à insulina. Esta doença pode ser classificada em diabetes tipo 1, diabetes tipo 2, diabetes gestacional e outros tipos específicos de diabetes. De acordo com a *International Diabetes Federation*, cerca de 537 milhões de pessoas vivem atualmente com diabetes, podendo atingir 783 milhões em 2045. Em Portugal, segundo o último relatório divulgado pelo Observatório Nacional da Diabetes, estima-se que a prevalência da diabetes entre adultos com idades compreendidas entre os 20 e os 79 anos corresponde a 1 milhão de pessoas, representando cerca de 13,6% da população. Este artigo surge na sequência da celebração do centésimo aniversário da primeira injeção bem sucedida de insulina num doente (Leonard Thompson). Este foi um marco na importante luta contra uma doença que antes era associada a uma mortalidade elevada e precoce. Desde então, diversas classes de fármacos foram desenvolvidos para controlar a doença e permitir uma melhoria na qualidade de vida de pessoas com diabetes, sendo que nos últimos 10 anos as opções terapêuticas aumentaram consideravelmente. Contudo, e apesar desse avanço, esta doença permanece sem cura, passando a constituir uma doença crónica, com elevado impacto a nível social e económico.

Como resultado da evolução dos tempos e da transição nutricional associada ao aumento global da população, alterações na produção, distribuição e consumo de alimentos expõem a população humana a múltiplos fatores com impacto no metabolismo e na fisiologia cardiometabólica. Decorrente destes fatores, a obesidade ou excesso de peso tem atingido proporções epidêmicas, estando associada à morte de pelo menos 4 milhões pessoas a cada ano. O índice de massa corporal (IMC) é frequentemente utilizado na classificação da obesidade em adultos, sendo este igual ou superior a 30 kg/m² em indivíduos obesos. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, em 2016, mais de 1,9 mil milhões de adultos apresentavam excesso de peso, sendo que destes, 650 milhões eram obesos. Este número tenderá a crescer, uma vez que em 2020, 39 milhões de crianças com idade inferior a 5 anos sofriam excesso de peso ou obesidade. A obesidade encontra-se envolvida não apenas na etiologia da diabetes tipo 2 (FIGURA 1) mas também possui um papel importante no desenvolvimento das suas complicações micro- (retinopatia, nefropatia e neuropatia) e macrovasculares (doença coronária, doença cerebral e hipertensão arterial).

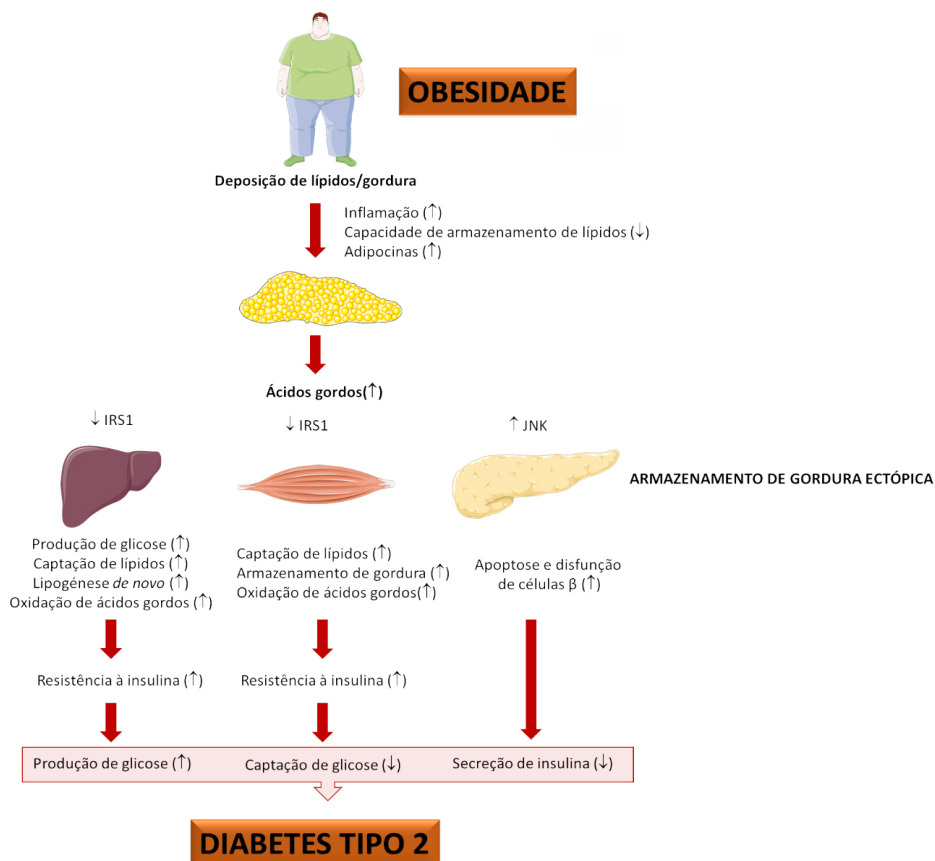


FIGURA 1. Patofisiologia da obesidade associada ao desenvolvimento da diabetes tipo 2.

A gestão farmacológica da obesidade envolve um longo período de história povoada por múltiplas e proeminentes desilusões. A base do fracasso tem sido multifactorial e deve-se essencialmente às limitações na utilização de modelos animais para prever a segurança cardiovascular, juntamente com considerável heterogeneidade dos indivíduos obesos. Doentes com obesidade, estão frequentemente associados a comorbilidades como a diabetes tipo 2, com alto risco de doenças vasculares, o que torna mais complexa a avaliação da farmacoterapia e da segurança na utilização da mesma. Ensaio clínicos a longo prazo, em larga escala, em coortes heterogêneas de obesos são onerosos e difíceis de justificar quando o sucesso tem sido vago e os fracassos proeminentes. No entanto, o recente tratamento com fármacos que têm como mecanismo de ação a ligação ao recetor peptídico semelhante à glicagina-1 (GLP1R), têm trazido uma nova esperança no futuro no que diz respeito ao tratamento da obesidade assim como da diabetes tipo 2.

Fármacos disponíveis na Europa para o tratamento da diabetes tipo 2 e obesidade.

A obesidade tem ocupado uma posição de destaque como fator de risco em doenças não transmissíveis, onde se inclui a diabetes. De facto, a diabetes e a obesidade frequentemente coexistem, aumentando a dificuldade em encontrar o tratamento mais eficaz. Estudos demonstraram que a taxa de descontinuação de fármacos para o tratamento da diabetes tipo 2 é maior em doentes que aumentam de peso comparativamente com a sua redução. Várias classes de agentes anti-diabéticos podem causar aumento de peso, como por exemplo os análogos da insulina, as tiazolidinedionas e as meglitinidas. Por outro lado, apenas três fármacos são aprovados atualmente na Europa para a diminuição do peso a longo prazo. Destes, apenas o liraglutido e mais recentemente o semaglutido, agonistas do GLP1R (GLP1RAs), são aceites para o tratamento simultâneo da obesidade e da diabetes tipo 2 (TABELAS 1 e 2). No entanto, o tratamento com estes agentes é limitado pelo seu modo de administração parenteral (subcutâneo).

Na TABELA 1 estão apresentados os diversos agentes anti-diabéticos aprovados pela Agência Europeia do Medicamento (EMA), assim como o seu efeito no peso do doente e potenciais efeitos adversos.

Como é possível verificar através da análise da TABELA 1, os fármacos utilizados para o tratamento da diabetes tipo 2 aprovados na Europa, com efeitos na redução de peso, são os inibidores da α -glicosidase, os GLP1RAs, assim como os inibidores do SGLT2. Na TABELA 2 são apresentados os fármacos aprovados pela EMA para o tratamento da obesidade.

Pela análise das TABELAS 1 e 2 é possível observar que os fármacos de eleição para doentes com obesidade associada à resistência à insulina e diabetes tipo 2 seriam os GLP1RAs (liraglutido e semaglutido). O mesmo se pode verificar através da abordagem terapêutica eleita e aplicada na clínica no que respeita à obesidade e suas comorbilidades.

TABELA 1. Fármacos disponíveis na Europa para o tratamento da diabetes tipo 2 e respetivos mecanismo de ação, efeito no peso corporal e efeitos adversos.

Fármaco (exemplos)	Mecanismo de ação	Efeito no peso corporal	Justificação do efeito no peso corporal	Efeitos adversos
Inibidores de α -glicosidase (Acarbose)	- Inibição de forma reversível das enzimas hidrolases α -glicosídicas - Redução da taxa de absorção da glicose - Aumento da secreção de GLP1	Diminuição	Inibição da digestão de hidratos de carbono e redução do esvaziamento gástrico via GLP1	Distúrbios gastrointestinais
Biguanidas (Metformina)	- Redução da produção hepática de glicose - Redução da produção de glicose - Redução da absorção intestinal de glicose - Melhoria da sensibilidade à insulina, através do aumento da entrada e utilização celular de glicose	Neutro	Pode ter um efeito anorexigénico	Distúrbios gastrointestinais, acidose láctica, deficiência de vitamina B12
Sulfonilureias (Glimepirida)	Fecho dos canais de K^+ /ATP na membrana plasmática das células β levando ao aumento da secreção de insulina	Aumento	Aumento de ingestão calórica e efeitos anabólicos no tecido adiposo	Hipoglicemia
Meglitinidas (Repaglinida)	Fecho dos canais de K^+ /ATP na membrana plasmática das células β levando ao aumento da secreção de insulina	Aumento	Aumento de ingestão calórica e efeitos anabólicos no tecido adiposo	Hipoglicemia
Tiazolidinedionas (Pioglitazona)	Ativação do fator de transcrição PPAR γ levando ao aumento da sensibilidade à insulina	Aumento	Associado a diversos mecanismos, incluindo retenção de fluidos e redistribuição do tecido adiposo	Edema, falha cardíaca, aumento de peso, fraturas
Inibidores da DPP-4 (Sitagliptin)	- Aumento e prolongamento do tempo de semi-vida das incretinas - Aumento da secreção de insulina e diminuição dos níveis de glicagina na circulação de uma forma dependente da glicose	Neutro	Ligeira redução no consumo calórico compensatório para redução de glicosúria	Urticária, distúrbios gastrointestinais, pancreatite
Inibidores do SGLT2 (Canagliflozina)	- Ligação aos receptores do SGLT2 e previne a reabsorção da glicose filtrada - Redução do limite renal para a glicose - Aumento da excreção renal de glicose	Diminuição	Perda de calorías devido ao aumento da excreção renal da glicose	Infeções do trato urinário, poliúria, risco de fraturas, risco de cetoacidose
GLP1RAs (Liraglutido, semaglutido)	- Ligação e ativação do GLP1R - Aumento da secreção de insulina dependente da glicose - Aumento da cAMP intracelular levando ao aumento da secreção de insulina na presença de níveis elevados de glicose - Aumento da saciedade	Diminuição	- Inibição do esvaziamento gástrico Diminuição da ingestão de calorías através do SNC	Distúrbios gastrointestinais, pancreatite
Análogos da insulina	Ativação dos receptores de insulina levando à diminuição dos níveis de glicose e da produção hepática de glicose	Aumento	- Aumento da gordura corporal através de reduções na glicosúria, efeitos anabolizantes no tecido adiposo e aumento do apetite	Hipoglicemia

ATP – adenosina trifosfato; cAMP – monofosfato cíclico de adenosina; GLP1 – peptídeo semelhante à glicagina 1; GLP1R – recetor do peptídeo semelhante à insulina; GLP1RAs – agonistas do recetor do peptídeo semelhante à glicagina 1; PPAR γ – recetor ativado por proliferadores do peroxissoma γ ; SGLT2 – transportador de sódio-glicose 2; SNC – sistema nervoso central.

TABELA 2. Fármacos disponíveis na Europa para o tratamento da obesidade e respetivos mecanismo de ação, a possibilidade para o tratamento da diabetes tipo 2 e efeitos adversos.

Fármaco (exemplos)	Mecanismo de ação	Utilizado para o tratamento da diabetes?	Utilizado para o tratamento da diabetes?
Inibidor da lipase pancreática (Orlistat)	Inibição de forma reversível das lipases gástrica e pancreática, resultando na diminuição da absorção de gorduras	Não	Inibição da digestão de hidratos de carbono e redução do esvaziamento gástrico via GLP1
Antagonista dos receptores de opiáceos/dopamina e inibidor da recaptção de noradrenalina (Naltrexona/brupropiona)	A combinação estimula e inibe várias vias do SNC, resultando em perda e manutenção do peso: naltrexona bloqueia o <i>feedback</i> auto-inibitório associado ao declínio da perda de peso, enquanto a brupropiona estimula os neurónios produtores de pró-opiomelanocortina	Não	Convulsões, palpitações, elevações transitórias da pressão arterial
GLP1RAs (Liraglutido, semaglutido)	– Estimula a POMC/CART e inibe o NYP e AgRP, levando ao aumento da saciedade e diminuição da fome, ingestão de calorias e compulsão alimentar	Sim	Distúrbios gastrointestinais, pancreatite

AgRP – peptídeo relacionado ao gene agouti; CART – transcrição regulada por anfetaminas e cocaína; NYP – neuropeptídeo Y; POMC – pró-opiomelanocortina.

Para além da componente genética, a obesidade e diabetes tipo 2 envolvem também fatores de risco ambientais, nomeadamente sedentarismo, consumo de álcool e tabaco e dieta rica em açúcar, gorduras e carnes vermelhas. Desta forma, este tratamento deve ser acompanhado com intervenções que visem alterações no estilo de vida e de comportamento dos doentes.

De acordo com os dados e os números apresentados neste artigo, há necessidade de aumentar a sensibilização para a obesidade e a diabetes como uma questão de saúde global e de se abordar a prevenção e o tratamento como parte dos cuidados de saúde primários e da cobertura sanitária universal. Torna-se imperativo reduzir o risco de desenvolvimento de ambas as doenças e assegurar que todas as pessoas diagnosticadas tenham acesso a um tratamento equitativo, abrangente, acessível e de qualidade.

Ciência na Escola.

O Galo do tempo.

Ana Maria Tavares

AE/ Dr. Manuel Laranjeira

O “Galo do tempo” é um objeto decorativo que tem incorporado um sal de cloreto de cobalto (2^+), e que apresenta cores distintas na sua forma anidra e hidratada. Dependendo das condições climáticas, o galo pode ficar com a cor azul ou com a cor rosa. Se o galo ficar rosa, é indício de que provavelmente o tempo ficará chuvoso e frio. Se ele ficar azul, o dia permanecerá quente sem previsão de chuva. Estas mudanças de cor podem ser interpretadas de acordo com o Princípio de Le Châtelier.

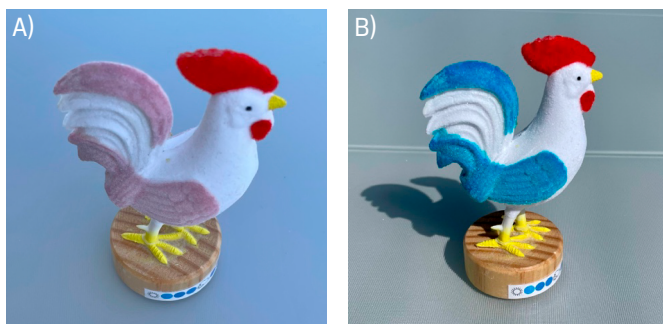


FIGURA 1. A) Galo do tempo – Previsão de chuva. B) Galo do tempo – Previsão de tempo seco.

O Galo do tempo.

Nas décadas de 60, 70 e 80, o “Galo do tempo” era um objeto decorativo muito popular nas casas portuguesas cuja função era fazer uma previsão do tempo. Foi criado por um português, José Dias Cardoso, nos anos 60, tendo por inspiração o Galo de Barcelos. A ideia deste galo do tempo surgiu da criação de um higrómetro para medir a humidade do ar, usando um composto químico que mudava de cor. Dependendo das condições climáticas, o galo do tempo pode ficar com a cor azul ou com a cor rosa. Se o galo ficar rosa, é indício de que provavelmente o tempo ficará chuvoso e frio. Se ele ficar azul, o dia permanecerá quente sem previsão de chuva.

- Quando o sistema em equilíbrio é aquecido, o sistema evoluiu no sentido direto, aumentando a concentração do anião $[\text{CoCl}_4]^{2-}(\text{aq})$, enquanto diminui a concentração de reagente, até que um novo estado de equilíbrio seja estabelecido, verificando-se a intensificação da cor azul da mistura da reação;
- Quando a temperatura diminui, favorece-se o sentido exotérmico, ou seja, o sentido inverso, aumentando a concentração de catião $[\text{Co}(\text{OH}_2)_6]^{2+}(\text{aq})$, resultando num tom mais rosa da mistura.

O processo de hidratação/desidratação da estrutura cristalina $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, pode ser influenciado de várias formas. Considerando-se que a desidratação é um processo endotérmico, um aumento de temperatura do meio ambiente irá favorecer a perda de moléculas de água da estrutura cristalina $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, prevalecendo a coloração azul do “Galo do tempo”. Por outro lado, uma elevada humidade relativa do meio envolvente (aumento da concentração de moléculas de água no ar), favorecerá o processo de hidratação da estrutura cristalina do $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, prevalecendo a cor rosa do “Galo do tempo”. Temperatura e concentração são fatores que influenciam simultaneamente o processo de hidratação/desidratação do galo do tempo, de forma dinâmica e competitiva. Assim, a partir desta atividade experimental poderemos verificar que:

- Quando o tempo está seco o sal fica anidro, visto que a quantidade de água na atmosfera é baixa, e o equilíbrio evolui no sentido da reação direta, sentido em que há formação de $[\text{CoCl}_4]^{2-}(\text{aq})$. O galo fica azul, indicando que o tempo está seco, sem previsão de chuva;
- No entanto, quando o ar está húmido, o excesso de moléculas de água obriga o sistema a evoluir no sentido da reação inversa, de formação do sal hidratado $[\text{Co}(\text{OH}_2)_6]^{2+}(\text{aq})$. O galo fica rosa, indicando tempo húmido com possibilidade de chuva.

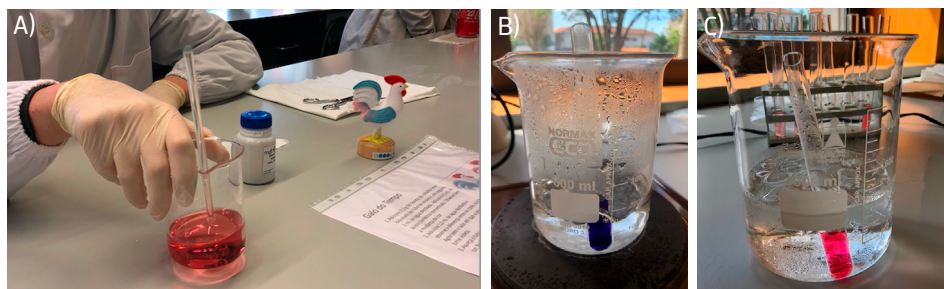


FIGURA 2. A) Galo do tempo. B) Água quente. C) Banho de gelo.

Considerações finais.

No contexto do estudo do domínio “Equilíbrio Químico” e subdomínio “Estado de equilíbrio e extensão das reações químicas” da disciplina de Física e Química A de 11.º ano, a atividade

experimental implementada centrou-se no desenvolvimento das Aprendizagens Essenciais “Prever o sentido da evolução de um sistema químico homogéneo quando o estado de equilíbrio é perturbado (variações de pressão em sistemas gasosos, de temperatura e de concentração)” e “Investigar, experimentalmente, alterações de equilíbrios químicos em sistemas aquosos por variação da concentração de reagentes e produtos, formulando hipóteses, avaliando procedimentos e comunicando resultados”.

Esta atividade permitiu perceber como funciona o “Galo do tempo”, enquanto sensor químico para a previsibilidade de chuva ou tempo seco. Assim, num dia quente e seco, é favorecida a forma anidra do cloreto de cobalto, e o galo fica de cor azul. Num dia chuvoso, o sistema evolui de forma a favorecer a forma hidratada do cloreto de cobalto, e o galo fica de cor rosa.

As mudanças de cor observadas, interpretadas de acordo com o Princípio de Le Châtelier, permitiram fazer a ligação entre os conceitos teóricos de Química estudados nas aulas e o(s) contexto(s) em que esta ciência se manifesta no quotidiano. Permitiram ainda estabelecer a ligação entre o mundo submicroscópico dos átomos e das moléculas e o mundo macroscópico da observação das mudanças de cor ocorridas numa reação química, levando os alunos a perceber que um sistema em equilíbrio químico pode ser perturbado, evoluindo esse sistema para novo estado de equilíbrio.

A atividade experimental “o Galo do tempo” foi replicada pelos alunos do 11.º ano, nos dias abertos da escola, como forma de dar a conhecer aos alunos mais novos que a Química, ciência experimental, tem uma componente estética e está presente em tudo o que nos rodeia.

Os modelos botânicos museológicos na concretização das aprendizagens essenciais.

Ana Bela Saraiva

Escola Básica e Secundária Rodrigues de Freitas/ Porto

37

“A educação pelos olhos é a que menos cansa a inteligência, mas esta educação só poderá ter bons resultados se as ideias que ficam gravadas na mente da criança forem rigorosamente precisas.”. Foi com esta ideia que Émile Deyrolle iniciou a publicação de painéis educacionais por volta de 1871.

Os modelos botânicos foram utilizados, desde sempre, para ilustrar e demonstrar a morfologia das plantas. Ao contrário dos espécimes vivos, a sua utilização não era restringida pela disponibilidade sazonal e eram ideais para demonstrar detalhes pequenos, ou efémeros, que são difíceis de preservar e/ou de observar.

Entre Ciência e Arte, as diferentes espécies foram representadas em ilustrações em caderno (feitas pelos próprios cientistas) e em ilustrações murais e modelos tridimensionais produzidos por artesãos que se inspiravam nos desenhos e nas instruções dos cientistas (FIGURA 1).



FIGURA 1. Modelos botânicos. A) Modelo tridimensional de *Colchicum autumnale* da coleção Brendel. B) Modelo bidimensional de *Colchicum autumnale* da firma Frommann & Morian Alemanha. C) Modelo tridimensional de *Ranunculus* da coleção Brendel. D) Quadro parietal de *Ranunculus* da firma Eugene Warming & Vilh Balslev Dinamarca. (As fotos são do acervo do Museu da Ciência da Escola Básica e Secundária Rodrigues de Freitas- MCEBSRF).

A partir do século XIX e início do século XX, as representações bidimensionais (quadros parietais) tiveram uma rápida difusão graças aos avanços na impressão litográfica que facilitou a produção mecânica, em série, de folhas murais coloridas, a um preço razoável. Porém, foram os modelos tridimensionais que tiveram um enorme sucesso. Eram fabricados com formas padronizadas em termos de escala, estrutura, cor e textura que, através de uma representação simplificada, auxiliavam na compreensão da anatomia da planta (FIGURA 1).

A Botânica ao longo do tempo.

Aristóteles, filósofo grego (384–322 a.C.) é considerado o fundador das ciências como uma disciplina. Classificou os seres vivos em dois reinos, o *Plantae* e o *Animalia*. Das Plantas (em latim, *De Plantis*) é um tratado escrito em duas partes atribuído a Aristóteles (não se sabe com a certeza absoluta). Primeiramente traduzido para o árabe e depois para o latim, contém algumas observações como a do sexo das plantas.

Teofrasto (c.371–286 a.C.) “discípulo mais brilhante de Aristóteles e seu continuador à frente do Lyceu” publicou em 10 volumes a História das Plantas, *Historia Plantarum*” escrita entre 350 a.C. e 287 a.C. que associa a Botânica, no seu sentido científico puro, à Botânica aplicada que explora as potencialidades úteis das plantas. Relativamente aos usos das plantas, Teofrasto, para além de referir as suas mais variadas aplicações na vida quotidiana, como as suas propriedades alimentares ou terapêuticas, refere também as utilizações de determinadas plantas em atividades e indústrias específicas, destacando-se, por exemplo, as utilidades da madeira.

Os nove volumes que chegaram aos nossos dias da “História das Plantas” de Teofrasto, constitui o tratado botânico mais antigo que influenciou muitos autores até ao renascimento. As plantas foram recolhidas, estudadas e classificadas durante as viagens, do filósofo e do seu mestre, à ilha grega de Lesbos localizada no nordeste do mar Egeu.

Depois da queda do Império Romano, no século V, todas as conquistas alcançadas na antiguidade clássica ficaram esquecidas tendo que ser redescobertas a partir da Idade Média.

Nos séculos XV e XVI a botânica desenvolveu-se como uma disciplina científica, separada do herbalismo (prática de construir herbários) e da medicina, embora continuasse a dar contribuições a ambas. O aparecimento dos herbários, em 1544, contribuiu muito para o desenvolvimento da botânica, já que era necessário conhecer as plantas para as descrever.

No século XVI, o botânico suíço Conrad Gessner publicou “*Catalogus Plantarum*” que incluía descrições de mais de 1.000 plantas (FIGURA 2) organizadas por ordem alfabética.

Carl Linnaeus (1707–1778) possuía duas obras de Gessner, o que mostra que esta obra foi lida, valorizada e utilizada por naturalistas e médicos até meados do século XVIII.



FIGURA 2. *Catalogus plantarum* de Gessner (1572) – Descrição e ilustração do morangueiro.

Carl Linnaeus criou o sistema de classificação binomial, que é usado até hoje para classificar os seres vivos. Em 1753 publica, pela primeira vez, na *Species plantarum*, que contém descrições de 5.940 espécies (distribuídas por 1.098 gêneros), a classificação binominal para as plantas. Para estas, Lineu utilizou as suas características sexuais que tinham sido recentemente descobertas (FIGURA 3).

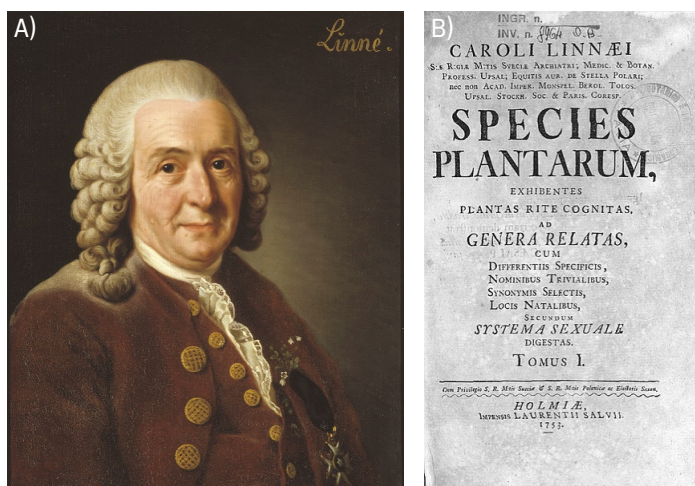


FIGURA 3. A) Lineu. B) Frontispício de *Species Plantarum*.

Os nomes comuns são frequentemente usados quando se fala de plantas, mas infelizmente, pode ocorrer confusão quando vários nomes comuns são usados para a mesma planta ou um nome comum é usado para mais de que uma planta. Usando a classificação científica introduzida por Lineu elimina a confusão potencial durante a comunicação sobre plantas (ou outros seres).

Lineu publicou vários livros com várias edições, alguns só para plantas. Em *Genera plantarum*, de 1737, descreve e caracteriza todos os 935 géneros então conhecidos de plantas. A 6.ª edição desta obra já enumerava 1.336 géneros. Em *Classes plantarum* (1738), Lineu organiza as plantas em 24 classes, baseadas no seu sistema sexual. A *Philosophia botanica* (1751) é considerada a primeira descrição da terminologia da sistemática botânica moderna.

Atualmente o Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Fungos e Plantas (em inglês ICN) é o conjunto de regras e recomendações que tratam dos nomes botânicos formais dados a plantas, fungos e algas. Anteriormente era o Código Internacional de Nomenclatura Botânica (ICBN) mas ocorreu alteração no Congresso Internacional de Botânica de Melbourne, em julho de 2011, os botânicos portugueses descreveram, em 2023, 19 novas plantas para a ciência.

No século XIX, Charles Darwin (1809–1882) estudou a evolução das plantas e a sua adaptação ao meio ambiente. A pesquisa botânica que efetuou contribuiu para a sua compreensão científica das plantas e moldou as suas ideias sobre as origens da vida em geral. Descobriu, por exemplo, que a chave para a polinização das orquídeas era o toque da tromba de um determinado inseto, bem adaptada à forma da flor, tal como acontece com a planta *Linaria vulgaris* (FIGURA 4).

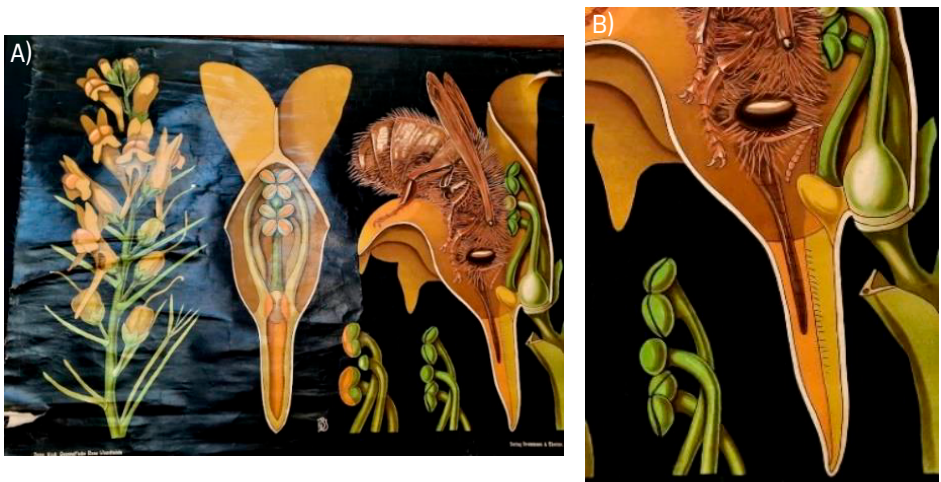


FIGURA 4. *Linaria vulgaris* – quadro parietal e pormenor da firma Verlag Frommann & Morian, Darmstadt (início do século XX) do acervo do MCEBSRF.

Darwin escreveu no seu diário a bordo do HMS Beagle que a sua mente era “um caos de deleite” enquanto se extasiava com a exuberância das florestas tropicais. A coleção de Darwin de “Todas as plantas em flor” das Ilhas Galápagos tornou-se a base para a primeira flora daquele arquipélago e forneceu a evidência mais forte da sua teoria da evolução.

Os interesses botânicos de Darwin eram amplos e ecléticos, publicando diversos livros sobre temas variados relacionados com plantas. Um deles era sobre o estudo do comprimento dos estiletes e estames das prímulas, que variava de espécie para espécie (FIGURA 5).



FIGURA 5. Modelo tridimensional de prímula da coleção Brendel do MCEBSRF, que demonstra os estiletes longos.

O mentor de Darwin, o naturalista Henslow, desenvolveu muito o seu conhecimento de História Natural enquanto ele era estudante. De 1829 a 1831 Darwin usou frequentemente o “Catálogo de plantas britânicas” publicado pelo seu mestre para o estudo e identificação de plantas.

Incursões pelo Brasil II.

Dos gnaisses aos encantos do litoral do Rio de Janeiro.

Luís Vítor Duarte

U. Coimbra, DCT e MARE

Já não cabem nos dedos das duas mãos as incursões realizadas na Cidade Maravilhosa. Desde o seu achamento, na perspectiva de quem escreve este relato, quando se cumpriam, precisamente, 500 anos da descoberta do Brasil. Ou seja, tudo começou no ano de 2000, sempre números redondos, e o propósito foi a participação no *31st International Geological Congress*, realizado no Rio de Janeiro. A cidade que ao longo destes anos continua linda, com a sua morfologia que não terá paralelo, entre a conjugação de morros constituídos por rochas cristalinas, muito antigas, extensos cordões de areia, lagoas, lagunas e restingas. Qualquer um dos lugares com nome sonante, a começar no Pão de Açúcar, de nível mundial. Até à praia artificial do Piscinão de Ramos, junto à poluída Baía de Guanabara, muito vivida na novela *O Clone* da TV Globo. Cuja trama também passou por Marrocos, pela cidade de Fez — por onde já passámos-, e imortalizada com a expressão feliz “onde cada mergulho é um flash”! Mas, pelo Estado Fluminense, as paisagens são outras, bem diferentes das litologias dos Atlas marroquinos e das suas idades geológicas. É que no Brasil, os ambientes semiáridos, mais próximos do noroeste africano, ficam lá para o nordeste do país, no conhecido Sertão. Já relativamente à região do Rio de Janeiro, grande parte da sua zona costeira é ocupada pela extensa e quase interminável Mata Atlântica, que acaba por esconder a geologia. Contrastes que a geografia não perdoa, tão significativos como o choque cultural, que é real, encenado de forma brilhante na referida novela brasileira. Preparamo-nos então para “mergulhar” num conjunto de locais entre o litoral norte e sul do Estado do Rio de Janeiro. Desde Paraty, a histórica cidade colonial, património da Humanidade, que parece ter parado no tempo, até Cabo Frio, onde a água do Atlântico, no sentido contrário à corrente quente do Brasil, é muito mais fria do que se poderia conjecturar (FIGURA 1). Assunto a rever mais adiante.

Damos início ao *la creme de la creme* das nossas observações, em plena cidade do Rio de Janeiro. O Pão de Açúcar. Neste caso, mais de contemplação, à distância e dos mais diversos ângulos (FIGURA 2). Uma saliência bem marcada na orografia, composta por gnaisses — rocha que denuncia o maior dos metamorfismos —, cujos valores nominais de datação radiométrica apontam para um Proterozoico terminal, quase na fronteira basal do Fanerozoico.



FIGURA 1. Localização dos pontos de visita pelo Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Imagem do Google Earth.

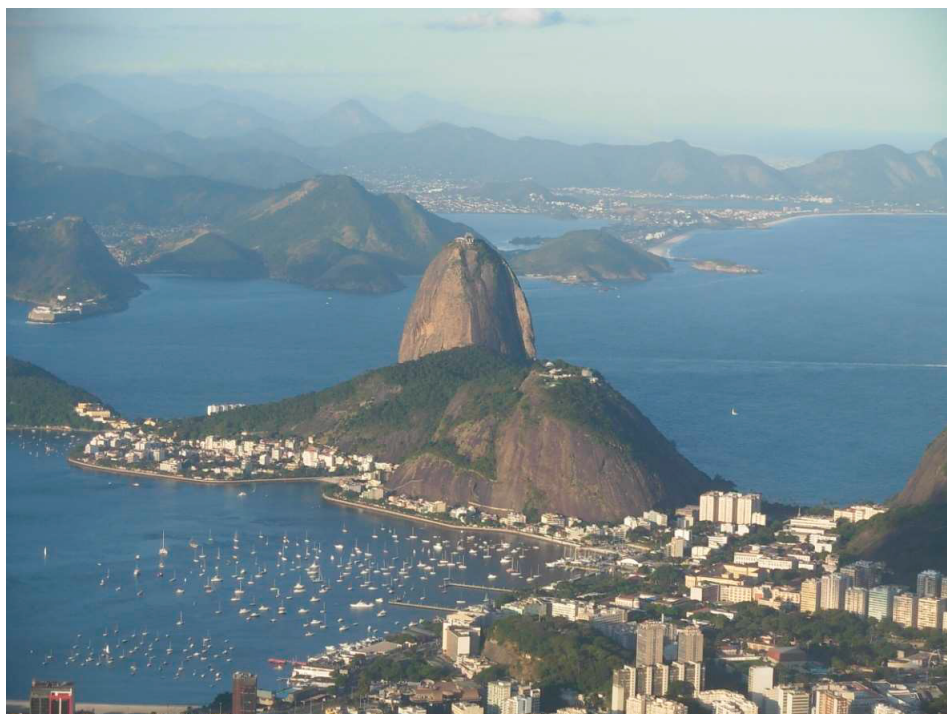


FIGURA 2. Um dos maiores cartões-postal do Rio de Janeiro visto do Corcovado. Relevância especial para os morros gnaissicos do Pão de Açúcar.

Intitulado como gnaissé facoidal, textura que se deve ao tamanho centimétrico dos cristais de feldspato que se encontram orientados, sob forma elíptica, resultado do processo de deformação que acompanhou o metamorfismo. Uma rocha que domina em toda a região do Rio de Janeiro, igualmente aflorante noutros lugares icónicos como é o caso do morro do Corcovado (FIGURA 3) ou na própria arquitetura da cidade, desde os principais monumentos às construções mais vulgares (FIGURA 4). Um sintoma claro e inequívoco do lugar por onde andamos, que também tem granitos, a rocha que terá dado origem à metamórfica citada — os ortognaisses. Voltando ao Pão de Açúcar, é a morfologia que sobressai na paisagem, talvez dos exemplos mais difundidos mundialmente de *inselberg*, a lembrar o Wadi Rum da Jordânia. Mas as semelhanças entre os dois registos, são apenas no conceito geomorfológico. Toda a história geológica é bem diferente, apesar da idade das rochas de ambos os locais não ser assim tão desfasada no tempo.



FIGURA 3. Perfil morfológico do Rio de Janeiro visto de Niterói, no outro lado da Baía de Guanabara. De notar, da direita para a esquerda, os morros do Corcovado e do Pão de Açúcar.

O complexo gnaissico e granítico (onde se diferenciam muitas tipologias) prolifera por grande parte da zona costeira sul do Estado do Rio de Janeiro, contrastando com algumas outras rochas metamórficas, talvez não tão fotogénicas.



FIGURA 4. A) Edifício da antiga Beneficência Portuguesa no Rio de Janeiro. B) Portão do referido edifício construído a partir da rocha que caracteriza grande parte da cidade: o gnaíse facoidal.

Aqui e ali é possível dar-mo-nos conta de aspetos geológicos e litológicos significativos, entre a ocorrência de filões de rocha básica e de xenólitos de tamanho digno do *Guinness World Record* (FIGURAS 5A) e 5B)). As unidades metamórficas e magmáticas (plutónicas e vulcânicas) contrastam quer no tempo (Proterozoico até idades cenozoicas), quer na litologia, com unidades sedimentares do Neogénico terminal e do Quaternário, materializadas essencialmente por corpos pouco consolidados, e que são particularmente discerníveis junto à linha de costa. Mas o maior destaque vai mesmo para os contornos geomorfológicos da região, que confronta as unidades ígneas e metamórficas com a cerrada Mata Atlântica e o oceano Atlântico. Entre os lugares de eleição, sobressai a Ilha Grande (FIGURA 6A)), a maior das ilhas, bem perto da igualmente conhecida Angra dos Reis, e a já mencionada Paraty (FIGURA 6B)), mesmo junto à divisa com o Estado de São Paulo e ao Parque Nacional da Serra da Bocaina, que merece e agradece visita. Em termos das construções sedimentares recentes, é de realce a mega restinga da Marambaia, muito prazerosa, tal como é insinuada em *Juracy* de Caetano Veloso, que alberga a baía de Sepetiba, e que cresce em direção à Ilha Grande.



FIGURA 5. Alguns aspetos de geologia básica observados no litoral sul do Rio de Janeiro. A) Filão de rocha básica (mais escura) a cortar corpo granitoide. B) Xenólito de dimensões apreciáveis em corpo granítico.

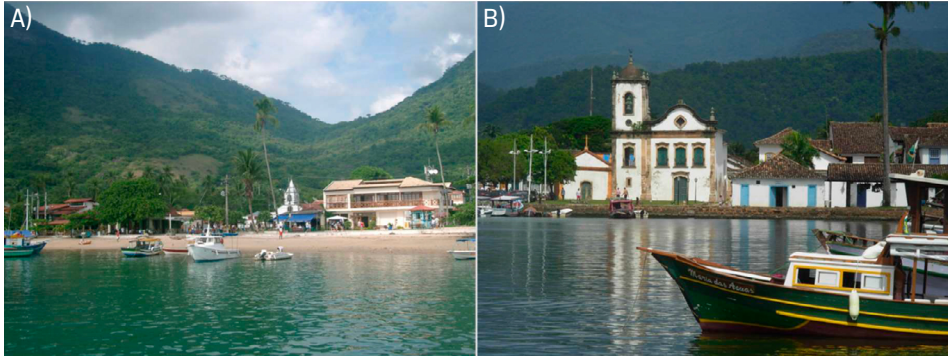


FIGURA 6. Encantos paisagísticos do litoral sul do Estado do Rio de Janeiro envoltos pela Mata Atlântica. A) Vila de Abraão na Ilha Grande. B) Capela de Santa Rita de Cássia em Paraty.

Invertemos o percurso, realizado em períodos bem distintos, e deslocamo-nos para a extremidade oriental do Estado do Rio de Janeiro, um pouco para lá da região dos Lagos. De norte para sul, outros lugares famosos como Armação dos Búzios, Cabo Frio e Arraial do Cabo (FIGURAS 7 e 8), cuja etimologia fala por si. À semelhança de Angra dos Reis, os contornos da linha de costa continuam a ser particularmente notórios em termos geomorfológicos, desde pequenas penínsulas, cabos e baías. As rochas ígneas e metamórficas, ligadas várias vezes ao continente através de cordões arenosos, continuam a reinar na paisagem. Não sendo particularmente atrativos em termos visuais, os arranjos litológicos têm um grande significado geotectónico, tal como é lembrado, com frequência e muito acima do esperado, através de painéis geológicos informativos posicionados em locais mais turísticos. Uma boa lição a retirar pelos organismos competentes que governam territórios com exemplos de geologia de excelência, e que pouco ou nada fazem para os valorizar. Em Armação de Búzios, onde poderemos tirar uma *selfie* com a Brigitte Bardot, feita em bronze, que ajudou a promover a cidade, estamos perante os “Himalaias brasileiros”, a refletir o velho e duradouro continente Gondwana (FIGURA 7B)). O mesmo que aglutinou todas as massas continentais hoje observadas no hemisfério sul, mais a Índia, muito antes desta se deslocar para norte e formar os verdadeiros e atuais Himalaias.



FIGURA 7. Aspectos da geologia de Armação de Búzios. A) Pequena enseada, onde se nota que as rochas junto à costa pela sua disposição, não são de natureza granítica mas metamórfica. B) Painel de divulgação geológica.

Em Cabo Frio, o Forte de São Mateus parece ter uma história muito mais ampla do que a sua simples construção. Assenta sobre rochas metamórficas antiquíssimas, anfibolíticas, datadas com mais de 2000 milhões de anos (FIGURA 8A)). Um outro aspeto igualmente digno de relevo, apesar da cor muito atrativa da água do mar, quase caribenha, é a sua temperatura, bem gelada, que margina a zona costeira desta região, e que lhe dá nome (FIGURA 8B)). Um facto consequente do fenómeno de ressurgência, que tem lugar junto a Arraial do Cabo, ou seja, de uma corrente marinha profunda que tem origem junto à costa argentina e que ascende à superfície nesta zona costeira do Brasil. Uma ótima percepção, sentida na pele, do que é uma corrente de *upwelling*, aqui bem diferente das zonas do globo mais clássicas, como as que limitam as zonas oceânicas orientais, como a já visitada Namíbia, exatamente do outro lado do Atlântico Sul.



FIGURA 8. A) Painel de divulgação geológica junto ao Forte de São Mateus (Cabo Frio). B) Zona costeira de Arraial do Cabo, realçando-se as arribas compostas por rochas metamórficas do Proterozoico, bem como a cor da água particularmente límpida, e fria.

Antes de regressarmos ao Rio, e por imposição geológica, somos obrigados a dar “um rolé” – não esquecer que estamos no Brasil – pela Lagoa Vermelha. Um pequeno “charco” de água, contíguo, mas separado do Atlântico, contido entre as grandes lagoas de Araruama e de Saquarema. No detalhe, são evidentes as semelhanças com o lago Thetis da Austrália Ocidental, que foi visitado muito depois da lagoa fluminense. Mais um exemplo de ambiente hipersalino, facilmente inferido pela exploração de sal, e onde é possível encontrar, igualmente, construções microbianas. As esteiras microbianas, como é referido na literatura geológica brasileira.

Realidade Virtual e Aumentada.

in casadasciencias.org/banco-imagens

Esta imagem alinha-se com a capa e destaca tecnologia de Computação Imersiva. Este tema foi escolhido por duas razões principais. A primeira é a divulgação, junto desta comunidade, do trabalho desenvolvido no Laboratório de Realidade Virtual e Aumentada (VAR Lab) do Instituto de Engenharia Electrónica e Informática de Aveiro (IEETA) da Universidade de Aveiro. O [VAR Lab](#) reúne investigadores que se dedicam ao desenvolvimento de tecnologias baseadas em Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) para responder a desafios globais. Tem como missão inovar, aumentar as capacidades humanas e melhorar a qualidade de vida, por meio de projetos que exigem colaboração interdisciplinar e uma abordagem centrada no ser humano. Tanto a RV como a RA permitem experiências imersivas que misturam o mundo virtual e o mundo físico de diferentes maneiras. A RV permite criar ambientes totalmente simulados para interação do utilizador, tendo sido usada em apoio a tarefas de reabilitação de sobreviventes de AVC ou em cenários de treino na indústria. Por outro lado, a RA complementa as experiências do mundo real ao integrar elementos digitais (gráficos, texto ou animações) e tem sido usada em cenários colaborativos, no mesmo espaço ou remotos, para apoio de operadores de manutenção industrial. Em conjunto, RV e RA redefinem a forma como interagimos

e percecionarmos o que nos rodeia, abrindo novas possibilidades em vários domínios. A outra razão para a escolha deste tema está relacionada com a criação de espaços de trabalho e de aprendizagem inovadores, que promovam o bem estar e a criatividade. Nesse sentido, em 2023, endereçámos um convite à artista [Zooter](#) para transformar uma das paredes no VAR Lab. De nome Dalila Monteiro, Zooter é alumni da UA, reside em Aveiro há mais de uma década e assume ser “uma ilustradora *freelancer* que adora desenhar”. Tem-se destacado na cena artística regional, transformando Aveiro numa galeria ao ar livre com obras que já integram o roteiro de arte urbana da cidade. O mural “Realidade Virtual e Aumentada” resultou num retrato do humano capacitado com óculos de realidade virtual imerso em ambientes digitais, representados pelas formas com as cores do IEETA e da UA. Esta representação reflecte como a tecnologia está cada vez mais integrada na experiência humana, ampliando as nossas capacidades na interação com o mundo digital. O IEETA e o VAR Lab têm um forte compromisso com a divulgação científica, especialmente para os públicos mais jovens, pelo que aqui fica o convite para nos visitarem (ieeta@ua.pt).

Sónia Gouveia
Universidade de Aveiro





CASA DAS CIÊNCIAS

EDULOG · FUNDAÇÃO BELMIRO DE AZEVEDO

IX ENCONTRO
INTERNACIONAL
DA CASA
DAS CIÊNCIAS

QUAL O IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO? VANTAGENS E DESVANTAGENS.

UNIVERSIDADE
DE AVEIRO
08, 09 + 10
JULHO
2024

no momento de inscrição: [casadasciencias.pt](https://www.casadasciencias.pt)

projeto: universidade de aveiro - centro de formação e trabalho universitário