

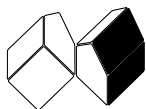
V12/04

RÉVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR
CASA DAS CIÊNCIAS

DEZEMBRO 2024



REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



FICHA TÉCNICA

Rev. *Ciência Elem.*, V12(04)

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

QuestionMark

Pixabay

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



PROPRIETÁRIO

Casa das Ciências/ICETA

Faculdade de Ciências,

Universidade do Porto

Rua do Campo Alegre, 687

4169-007 Porto

rce@casadasciencias.org

CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

EDITOR

João Nuno Tavares (UNIVERSIDADE DO PORTO)

EDITOR CONVIDADO

João Lopes Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

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)

João Lopes Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

PRODUÇÃO e SECRETARIADO

Alexandra Coelho

Guilherme Monteiro

Liliana Freitas

Raul Seabra

Rúben Leite

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

DEZEMBRO 2024

V12/04

Índice

- 02 AGENDA
- 03 NOTÍCIAS
- EDITORIAL
- 05 **A Era da Incerteza.**
J. M. B. Lopes dos Santos
- ARTIGOS
- 07 **Plantas e monitoramento da qualidade do ar.**
Ricardo Larroyed de Oliveira *et al.*
- 11 **Plantas medicinais.**
Andre Hoffmann *et al.*
- 15 **Estruturas secretoras em plantas e a produção de óleos essenciais.**
Nayara de Almeida Rodrigues Venancio *et al.*
- 19 **Madeiras históricas.**
João Carlos Ferreira de Melo Júnior
- 22 **Amieiro Ibérico.**
Verónica Ferreira
- 26 **A Proposição XI dos *Principia Mathematica* de Newton.**
João Nuno Tavares
- 32 **Sobre a composição do ar e a teoria do flogisto.**
João Gomes
- PROJETO DE SUCESSO
- 39 **A mudança sazonal da cor da pelagem como modelo de estudo da evolução em contexto escolar.**
Inês Miranda *et al.*
- AOS OLHOS DA CIÊNCIA
- 41 **Retratos geológicos da Turquia.**
Luís Vítor Duarte
- IMAGEM EM DESTAQUE
- 48 **Entrada para onde?**
J. M. B. Lopes dos Santos,
Luís Vítor Duarte

até **10/01**⁽²⁰²⁵⁾

A Arte no Ensino da Anatomia

No âmbito das comemorações dos seus 200 anos, a Faculdade de Medicina da Universidade do Porto (FMUP) inaugurou, no passado dia 25 de novembro a exposição "A Arte no Ensino da Anatomia". A mostra está no Átrio dos Estudantes, no piso 1 da FMUP. Esta exposição destaca uma coleção de telas pintadas à mão que revelam o rico património histórico da FMUP, com especial foco no seu arquivo histórico. Este acervo perpetua a memória da instituição e dos profissionais que moldaram a sua trajetória. As obras apresentadas incluem cerca de 200 desenhos assinados por Luís de Pina e Alberto da Silva e Sousa, ambos médicos, e por Manuel Alves Ferreira, fotógrafo-desenhador. Estas peças fazem parte do espólio documental do Instituto de Anatomia, fundado em 1920 por Pires de Lima. Aberta ao público até 10 de janeiro de 2025, a exposição conta com curadoria do arquiteto Mário Ramos e coordenação do Núcleo de Arquivo e Informação da Unidade de Gestão do Conhecimento da FMUP.

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DO PORTO (FMUP)

14/04
a **16/04**⁽²⁰²⁵⁾

X Encontro Casa das Ciências

Este ano rumamos às Caldas da Rainha para a décima edição do Encontro Casa das Ciências. Entre os dias 14 e 16 de abril estaremos entre o Centro Cultural das Caldas e a Escola Secundária Rafael Bordalo Pinheiro para, uma vez mais, reunir todos os professores que queiram encontrar-se connosco para mais 25h de formação nos habituais moldes a que a Casa já está habituada (sessões plenárias, painéis, oficinas e apresentações de projetos e comunicações). Temos já a página do encontro online, com permanente atualização de informação. As inscrições abrem no início de 2025.

Mais informações [aqui](#).

CASA DAS CIÊNCIAS

2025

Formação Casa das Ciências 2025

A *Casa das Ciências* terá várias iniciativas comemorativas dos 100 anos da Mecânica Quântica – uma das revoluções científicas mais importantes e de maior impacto da História da Humanidade, criada por génios usando "apenas" a sua inteligência natural! Esteja atento às nossas *newsletters* e redes sociais para estar a par de todas as novidades que vão surgir nos primeiros meses de 2025!

[CASA DAS CIÊNCIAS](#)



Paciência e Probabilidades



FIGURA 1. Será justa a escolha por moeda ao ar?
Imagem gerada por IA.

O lançamento de moeda ao ar é um método consagrado de escolher com igual probabilidade entre duas alternativas, universalmente aceite como justo. Contudo, em 2007, Diaconis, Holmes e Montgomery, estudaram o movimento de uma moeda lançada e apanhada na mão. Concluíram que o ângulo entre a normal ao plano da moeda e o seu momento angular, que não é zero num lançamento natural, não controlado, favorece que moeda mostre no fim o lado que estava para cima no ato de lançamento e estimaram respectiva probabilidade em 51%. Um paciente grupo de investigadores e estudantes, liderado por František Bartoš da Universidade de Amesterdão, resolveu testar o modelo, analisando os resultados de 350 757 (!) lançamentos. Participaram na experiência 48 pessoas (todos co-autores do artigo), com moedas de 44 denominações. O protocolo incluiu troca de moedas entre participantes. A análise estatística confirmou o modelo de Diaconis, tendo resultado numa estimativa da probabilidade de a moeda mostrar a mesma face que estava para cima no lançamento de 0.508 (intervalo [0.506,0.509] com grau de confiança de 95%). Na mesma experiência não foi detetada qualquer assimetria entre os resultados, cara ou coroa, das várias moedas usadas. Um resultado deste tipo carece naturalmente de uma confir-

mação. Mas a fasquia está alta; haverá voluntários para chegar a meio milhão de lançamentos? Este trabalho foi contemplado com o Ig Nobel de 2024 na área de Probabilidade.

(Fair Coins Tend To Land On The Same Side They Started, František Bartoš et. al. [arXiv:2310.04153v3](https://arxiv.org/abs/2310.04153v3) [math.HO])

Inteligência e força bruta (Brains and Brawn)

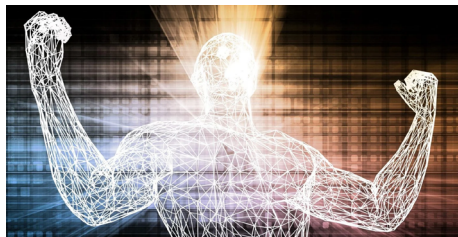


FIGURA 1. Cansaço do cérebro afeta desempenho físico.
Imagem de SciTechDaily.

O treino de atletas de alta competição inclui cada vez mais treino de resistência cerebral (*Brain Endurance Training*), o equivalente mental do treino físico. Esta tendência foi impulsionada pela evidência de que a fadiga mental compromete o desempenho físico. O treino de resistência cerebral segue os modelos de treino desportivo. Tarefas cognitivas—memorização, solução de problemas e puzzles, tarefas duplas, como fazer aritmética a correr)—, progressivamente mais exigentes, são propostas ao “atleta”, que as realiza consistentemente ao longo de semanas. Não se torna por isso mais inteligente, mas sim mais resiliente à fadiga mental. Uma colaboração recente, envolvendo as Universidades de Birmingham (RU) e Extremadura (Espanha), debruçou-se sobre os efeitos do treino de resistência cerebral (BET) em populações idosas. Uma população de 24 mulheres com idades na gama 65–78, saudáveis mas sedentárias, foi dividida aleatoriamente por três

grupos, um de controlo, sem treino, um com treino físico convencional e um terceiro que cumpriu o mesmo protocolo de treino físico que o segundo grupo, complementado com BET. Os treinos decorreram num período de 6 semanas. Os três grupos foram testados antes e depois do treino, em tarefas físicas e cognitivas, em estado repousado e em fadiga. O grupo BET foi o que obteve melhores resultados, não apenas nos testes cognitivos—o que não surpreende—, mas também nos testes físicos.

(Jesús Díaz-García et al., [Brain endurance training improves sedentary older adults' cognitive and physical performance when fresh and fatigued](#), *Psychology of Sport and Exercise*, 76, 102757. 2025)

Engenharia Molecular

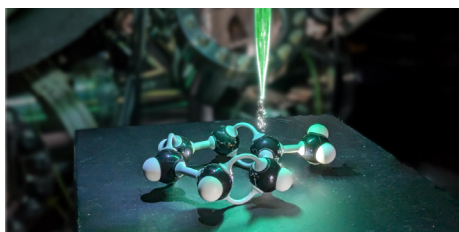


FIGURA 1. Visão de artista de molécula de tolueno atuada por STM. Imagem de Kristina Rusimova, Hannah Martin e Pieter Keenan.

Tradicionalmente, quando se pretende obter um dado composto por reação química, misturam-se os reagentes num vaso de reação, ajustam-se parâmetros como pressão e temperatura, e espera-se que a interação entre as moléculas dos reagentes origine o composto desejado. Numa reação, as configurações moleculares inicial e final são intermediadas por estados de transição, configurações de tempo de vida curto, com energias elevadas. Em muitas reações estes estados de transição podem decair em mais do que uma configuração final, e o Químico encontra no vaso de reação mais do que um produto; o que preten-

dia obter e outros que são efeitos colaterais. As proporções destes compostos são determinada pelas condições da reação. E se o Químico pudesse miniaturizar-se à escala molecular e, no instante ideal, manipular os átomos, para obter apenas o produto desejado? É algo parecido com isso que conseguiram os investigadores de uma colaboração liderada pela Universidade de Bath (RU). Para o efeito usaram um microscópio de efeito de túnel de varrimento (Scanning Tunneling Microscope, STM), um dispositivo inventado por Binnig e Rohrer da IBM em 1981. O dispositivo consiste numa agulha extremamente fina (até um único átomo na ponta) que varre a superfície de um substrato a uma distância de poucos Angstrom (10⁻¹⁰ m), suficientemente pequena para permitir que eletrões passem por efeito de túnel entre a agulha e o substrato. Com uma diferença de potencial entre a agulha e o substrato, passa uma corrente elétrica entre os dois, altamente sensível à condição do substrato, que permite, por exemplo, saber se a ponta da agulha está entre átomos ou em cima de um. Os mapas de corrente, à medida que a agulha varre o substrato, são visualizados na forma de imagens. Os investigadores acima mencionados atuaram com a agulha de STM, junto de uma única molécula de tolueno, adsorvida no substrato, injetando eletrões que quebram ligações químicas, originando um de dois resultados: ou a desadsorção da molécula do substrato ou a sua deslocação para um sítio vizinho. Variando a energia dos eletrões injetados com a diferença de potencial entre a agulha e substrato, conseguiram controlar, a seu bel-prazer, as probabilidades das duas reações referidas. Este trabalho abre perspetivas de fabrico molecular controlado com elevado potencial de aplicação.

(Pieter J. Keenan et al., [Measuring competing outcomes of a single-molecule reaction reveals classical Arrhenius chemical kinetics](#), adaptado de SciTechDaily. 2024)

A Era da Incerteza.

O título deste editorial é roubado de um livro do economista John Kenneth Galbraith, *“The Age of Uncertainty”*, publicado em 1977, acompanhado de uma série televisiva na BBC e CBS, com o mesmo nome. Imagine-se: uma série de 15 episódios de uma hora sobre história da Economia em horário nobre de televisão!

Galbraith era um defensor do estado social, da regulação dos mercados e de serviços públicos suportados por impostos fortemente progressivos, e opôs-se às correntes mais favoráveis aos mercados livres, sem regulação, e às visões liberais que a partir dos governos de Thatcher no Reino Unido e Reagan nos EUA ganharam proeminência nas democracias ocidentais.

É verdade que todas as épocas têm a sua dose de incerteza. Em 1977 o mundo estava dividido em dois blocos hostis. O bloco “ocidental” liderado pelos EUA, ao qual estavam aliadas as democracias liberais da Europa, alguns países asiáticos (Japão, Coreia do Sul), o Canadá e a Austrália. Não era composta apenas pelos vencedores da II guerra. Incluía os vencidos, Itália, Alemanha e Japão. Do outro lado, um dos vencedores, uma autocracia, a União Soviética, um bloco que incluía a maior parte da Europa de Leste. Mas a guerra fria tinha tido o seu auge nos anos sessenta, e no final dos anos setenta, já poucos temiam uma confrontação militar direta entre estes dois blocos. Económica e socialmente o bloco ocidental era claramente superior; o bem estar das suas populações tinha tido um progresso notável nos quarenta anos posteriores à guerra. Para quem duvida, espreitem os retratos da Itália do pós-guerra nos filmes do Neo-realismo italiano.

Quando Galbraith escreve o seu livro as últimas autocracias da Europa Ocidental (Espanha e Portugal) haviam terminado e o sucesso das democracias ocidentais, o posterior colapso da União Soviética e o fim da guerra fria, até levou alguns a anunciar o fim da História.

Pelos vistos, em geopolítica os prognósticos são tão perigosos como no futebol! Hoje assistimos à ascensão de regimes autocráticos, com um poder económico que a União Soviética nunca teve, e a evidentes tentações autocráticas em países ainda democráticos, e que, no início deste século, ninguém ousaria prever. As tensões das autocracias dominantes com o bloco Ocidental estão num máximo de muitos anos e na Europa vivemos nos últimos três anos um conflito em que se estimam já perto de um milhão de baixas! Para quem, como o autor, viveu o notável período de prosperidade que Portugal e a Europa viveram nos últimos 50 anos (com altos e baixos que não põem em causa a tendência geral), nunca a incerteza sobre o futuro foi maior.

É importante constatar que este movimento é acompanhado de uma recusa desconcertante de cada vez mais cidadãos do mundo dos critérios de verdade que informam (informavam?) não só o debate público, como a própria ciência. Ao ponto de os EUA se prepararem para indicar

um responsável pela saúde que alimenta teorias de conspiração, em clara negação da evidência científica disponível.

Qual é o caminho? Como cientistas ou professores não podemos deixar de defender que as ideias se debatem sempre com recurso à evidência, que há teses com fundamento na realidade e teses que não passam de fantasia e retórica, sem provas ou evidência que as suporte. Mas quando milhões dos nossos concidadãos se deixam seduzir por estas últimas, não podemos desconsiderá-las, olhá-las com sobrançeria, sob o pretexto que são tão absurdas que não merecem a nossa atenção.

Talvez devamos equacionar que ensinar ciência não é suficiente. Temos de enfrentar essas ideias na praça pública e nas escolas, com a certeza nas nossas convicções, mas com respeito por quem as perfilha. Não deverá a educação para a cidadania ir para além das causas sociais, para debater e explicar os métodos com que a ciência constrói o seu conhecimento, respondendo a críticas e justificando por que razão devemos fundamentar a nossa ação nesse conhecimento? Veja-se por exemplo a imagem selecionada para este número da RCE: que boa lição seria explicar por que razão os geólogos creem que se trata de uma formação natural!

Quem sabe, poderemos vir a ter um astrólogo candidato a dirigir a NASA. Não podemos apenas levantar os braços em desespero! Temos de estar preparados para mostrar que isso não é uma boa ideia!

J. M. B. Lopes dos Santos

Universidade do Porto

Plantas e monitoramento da qualidade do ar.

Ricardo Larroyed de Oliveira, Fábio Voigt da Costa, João Carlos Ferreira de Melo Junior

PPGSMA/ PPGPCS/ U. Região de Joinville

A poluição atmosférica representa um desafio à saúde humana, contribuindo anualmente para milhões de mortes prematuras. Neste cenário, as plantas surgem como sentinelas silenciosas, oferecendo uma perspectiva ecológica e economicamente viável para entender, monitorar e combater esse problema. A capacidade das plantas em absorver gases tóxicos e poluentes do ar, bem como seu papel como bioindicadores, torna-as aliadas na luta contra a poluição.

A poluição do ar é um problema global que afeta a saúde de todos, sendo responsável por cerca de 4,2 milhões de mortes prematuras em todo o mundo. É o segundo maior fator de risco para doenças não transmissíveis, com destaque para as doenças cardíacas, acidente vascular cerebral, câncer de pulmão e problemas respiratórios graves. Para entender como a poluição do ar afeta a saúde humana, os cientistas geralmente utilizam métodos complexos, que envolvem análises físicas e químicas com o uso de máquinas para filtrar o ar. No entanto, as plantas também podem fornecer informações importantes sobre a poluição do ar. Quando expostas a poluentes, as plantas podem adoecer, exibir sinais de injúria ou simplesmente acumular os poluentes manifestando macroscopicamente, ou apenas microscopicamente seus efeitos. Essas alterações são identificáveis e podem ser usadas como ferramentas para sinalizar áreas poluídas. Esta abordagem, conhecida como monitoramento biológico ou biomonitoramento, é mais econômica e ecológica, já que as plantas são, de forma geral, extremamente sensíveis e responsivas à poluição.

As plantas têm a capacidade de absorver gases nocivos, como dióxido de carbono e dióxido de enxofre, além de outros poluentes como os metais pesados. Embora a maioria das plantas seja sensível aos metais pesados, algumas conseguem crescer mesmo em locais muito contaminados, porque desenvolveram maneiras de evitar que esses metais prejudiquem seu crescimento e reprodução. Essas plantas resistentes aos metais pesados, utilizam estratégias como imobilizar esses metais na parede celular, bloquear a sua entrada nas células ou criar substâncias que os neutralizam. Além disso, as plantas também podem armazenar esses metais em partes específicas de tecidos e células ou expulsá-los ativamente. Esses mecanismos ilustram a sua capacidade de sobrevivência ou resistência, mesmo em ambientes muito poluídos por metais pesados.

O biomonitoramento com o uso de plantas para avaliar a qualidade do ar, pode ser realizado por dois tipos de métodos: passivo e ativo. No método passivo observam-se plantas que crescem naturalmente em uma área, sendo este método mais utilizado para observar impactos de longo prazo. No método ativo, realiza-se o transplante de plantas cultivadas em ambientes controlados, como estufas, para uma determinada área que poderá estar contaminada. Nesse método, é possível padronizar e monitorar os organismos transplantados, controlar o tempo de exposição e a distribuição geográfica das plantas. Essas características permitem o desenvolvimento de índices atmosféricos com base nas alterações observáveis nas plantas e na concentração de agentes poluentes dentro e fora das plantas.

Diversas espécies de plantas podem ser utilizadas no biomonitoramento de acordo com suas características, tais como a capacidade de bioacumulação de substâncias químicas e a habilidade de indicar a presença ou ausência de poluentes. No Brasil, cientistas observaram que plantas nativas da Mata Atlântica apresentam alterações em sua morfoanatomia e fisiologia quando expostas a agentes poluentes, tais como redução da massa e espessura das folhas, perda de tecido fotossintético, alterações estomáticas, diminuição dos níveis de clorofila, entre outros. Essas modificações indicam a presença de agentes poluentes, tornando essas plantas indicadoras de poluentes atmosféricos. As folhas têm a capacidade de captar e acumular diretamente poluentes do ar (FIGURA 1), incluindo o material particulado, que é composto por uma mistura de partículas sólidas microscópicas e gotículas líquidas suspensas no ar.

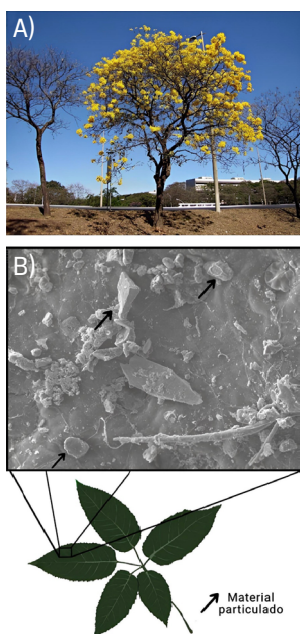


FIGURA 1. A) *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos (Bignoniaceae). B) Eletromicrografia de material particulado registrado por microscopia eletrônica de varredura na superfície foliar do ipê (*Handroanthus chrysotrichus* – Bignoniaceae). Ampliação: 300 vezes. Fotos: A) Maurício Mercadante. B) Laboratório de Morfologia e Ecologia Vegetal – Univille. Arte: Louise Nardelli de Oliveira.

Em Portugal, também foram conduzidos estudos de biomonitoramento com o uso de plantas, abrangendo a pesquisa dos efeitos de pesticidas em folhas de pinheiros, da presença de metais pesados em cascas de árvores e musgos, bem como os impactos nas concentrações de dióxido de enxofre (SO_2) em líquens e briófitas. Os líquens podem armazenar metais pesados, como ferro, coletar microfibras antropogênicas (partículas sintéticas feitas de celulose ou polímeros derivados de petroquímicos) e exibem atividade mutagênica em resposta a substâncias poluentes.

As algas verdes ou clorofíceas, sensíveis à presença de poluentes no ar e na água, são utilizadas para detecção de ozônio e material particulado em ambientes urbanos, além de serem empregadas em estudos de biomonitoramento de poluição em ambientes marinhos. Plantas avasculares, tais como musgos e hepáticas, são plantas que não apresentam uma camada cerosa na superfície e não possuem raízes, o que significa que conseguem absorver nutrientes diretamente do ar. Isso as torna capazes de acumular elementos químicos, especialmente metais pesados, em grandes quantidades.

No geral, as plantas superiores acumulam substâncias químicas e exibem sinais visíveis de danos (FIGURA 2), manifestando lesões e alterações na estrutura, tais como elementos lenhosos mais curtos e estreitos, além de uma redução na frequência de vasos, quando expostas à poluição.

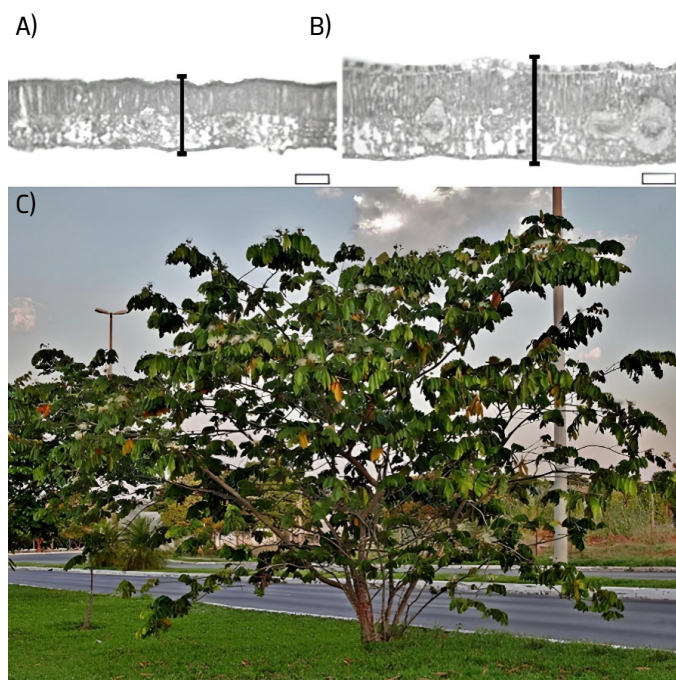


FIGURA 2. A) Estrutura anatômica foliar de *Inga edulis* Mart (*Fabaceae*) nas áreas poluída e controle. B) Barra de escala = 100 μm . Ampliação: 100 vezes. C) *Inga edulis* Mart (*Fabaceae*). Fotos: A e B) Laboratório de Morfologia e Ecologia Vegetal - Univille. C) Maurício Mercadante.

Segundo as diretrizes do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) para o biomonitoramento da qualidade do ar por meio de plantas, a escolha das espécies vegetais deve considerar diversos aspectos. Primeiro, é importante que as plantas sejam fáceis de identificar no campo, para facilitar a sua localização durante as atividades de monitoramento. Também é crucial que elas mostrem uma resposta clara, indicando como a espécie ou o ecossistema vai reagir ao estresse ambiental. As plantas escolhidas devem estar distribuídas em muitas partes da área afetada pela poluição, para representar bem o espectro da poluição. Para lidar com as mudanças ao longo do tempo, é sugerido que elas sejam amostradas várias vezes durante o ano ou que todas as coletas sejam feitas na mesma estação para evitar erros de interpretação, ao passo a sazonalidade é precursora de mudanças na estrutura foliar. Por último, é essencial considerar o custo, garantindo que as plantas escolhidas sejam financeiramente viáveis no projeto de monitoramento.

Além de seu papel no monitoramento, as plantas destacam a responsabilidade coletiva de preservar o meio ambiente. Ao proteger as plantas e entender como elas alertam sobre a poluição, não apenas em relação à saúde, mas também ao equilíbrio do ecossistema. A colaboração entre a natureza e a ciência fomenta a esperança de um futuro em que a qualidade do ar seja um direito fundamental, assegurado pelas sentinelas silenciosas do nosso planeta: as plantas.

Plantas medicinais.

Andre Hoffmann, Adriana Quintella Lobão, Ana Joffily, Arno Fritz das Neves Brandes, Odara Horta Boscolo, Selma Ribeiro de Paiva

IB/ U. Federal Fluminense

O hábito de medicar-se com plantas já era disseminado e transmitido entre as mais antigas civilizações. Ainda hoje, a maior parte da população mundial depende de plantas medicinais ou extratos vegetais para o tratamento das mais variadas enfermidades. Embora diferentes culturas ao redor do mundo tenham desenvolvido vasto conhecimento sobre o potencial medicinal das plantas, a ciência ainda está longe de conhecer todos os efeitos e toda a diversidade de substâncias bioativas que elas são capazes de produzir. A adoção de boas práticas com relação às plantas medicinais é essencial, incluindo o uso consciente, a valorização dos conhecimentos tradicionais e a preservação da biodiversidade vegetal.

Utilizar-se das virtudes curativas de certos vegetais foi uma das primeiras manifestações do esforço da espécie humana para compreender e utilizar a natureza. Esse conjunto de conhecimentos evoluiu durante milênios, aprofundando-se e diversificando-se, sem nunca, porém, cair totalmente no esquecimento. Portanto, a história de nossa espécie está intimamente ligada ao uso das plantas. As utilidades variam desde alimentação, construção e ornamentação até o uso da planta inteira, de partes dela ou de extratos vegetais, para fins terapêuticos. Plantas formaram a base da medicina tradicional e muitas delas deram origem a medicamentos e tratamentos utilizados até hoje. Segundo a *Organização Mundial da Saúde*, cerca de 80% da população do planeta faz uso de plantas medicinais, seja de forma esporádica, frequente, complementar ou mesmo como a única fonte de recursos medicamentosos.

Uma planta é considerada medicinal quando pelo menos uma de suas partes (raiz, caule, folha, flor, fruto ou semente) produz e/ou armazena substâncias com atividade farmacológica. Essa planta, ou a parte específica dela, pode então ser processada industrialmente de diversas formas (utilizando, por exemplo, diferentes métodos de secagem e extração) para a obtenção do produto final medicamentoso. A droga vegetal ou o derivado de droga (extrato) produzido, sem a adição de substâncias, sejam elas naturais ou sintéticas, são considerados fitoterápicos. A indústria de fitoterápicos movimentava bilhões de dólares por ano, e grande parte das novas entidades químicas descobertas são de origem natural. Entre 1940 e 2010, quase metade dos princípios ativos (i.e. por exemplo, substâncias que apresentam efeitos

farmacológicos) desenvolvidos para o tratamento do câncer vieram de produtos naturais ou seus derivados. Por conta da complexidade de seus componentes e da grande diversidade biológica e química ainda pouco explorada, as plantas representam as fontes mais promissoras para o desenvolvimento de novos medicamentos.

O valor farmacêutico das plantas, assim como o valor como aditivos alimentares, saborizadores e reagentes bioquímicos de relevância industrial, se dá graças à sua capacidade de sintetizar moléculas orgânicas especiais. Para a manutenção de suas funções biológicas e ecológicas, as plantas produzem uma diversidade de metabólitos derivados de diferentes rotas biossintéticas, que constituem os chamados metabolismo primário e secundário ou especial. São conhecidos como metabólitos primários aqueles associados ao funcionamento de todas as plantas, incluindo carboidratos, proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos. Já os metabólitos secundários ou especiais são substâncias de diferentes naturezas químicas, cuja função principal é de defesa da planta contra herbívoros, patógenos e fatores ambientais, embora também estejam envolvidos em processos fisiológicos e de sinalização celular (FIGURA 1). Apesar de terem surgido evolutivamente como mecanismo de defesa das plantas, esses metabólitos são a base para os efeitos clínicos em seres humanos, podendo interagir com nosso organismo de forma negativa – conferindo à planta determinado nível de toxicidade – ou positiva – conferindo às plantas propriedades medicinais.

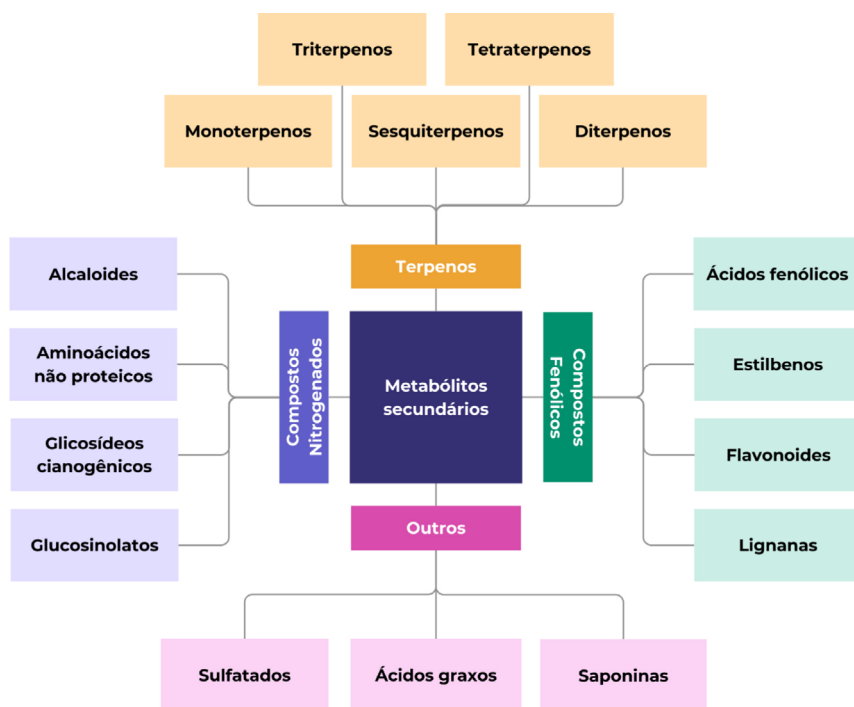


FIGURA 1. Exemplos de alguns dos principais tipos de metabólitos secundários encontrados em plantas.

Diferentes espécies de plantas apresentam padrões específicos de produção e acúmulo de metabólitos secundários, que variam de acordo com a parte da planta, com as condições ambientais (temperatura, disponibilidade de água, luz solar, presença de ameaças químicas ou biológicas) e com a idade e fenologia da planta. A composição, concentração e o método utilizado para extrair as substâncias presentes numa planta medicinal são determinantes para a obtenção do efeito terapêutico desejado (FIGURA 2).





	
<p>Nome científico: <i>Matricaria chamomilla</i> L. Nome vulgar: Camomila</p>	<p>Nome científico: <i>Plectranthus barbatus</i> Andr. Nome vulgar: Boldo</p>
<p>Parte usada: flores (inflorescências)</p>	<p>Parte usada: folhas</p>
<p>Modo de preparo: infusão</p>	<p>Modo de preparo: infusão ou maceração</p>
<p>Propriedades: calmante, analgésico, antiséptico, antiemético e anti-inflamatório</p>	<p>Propriedades: antidiarréico</p>
	
<p>Nome científico: <i>Salix alba</i> L. Nome vulgar: Salgueiro-branco</p>	<p>Nome científico: <i>Valeriana officinalis</i> L. - Nome vulgar: Valeriana</p>
<p>Parte usada: caule (casca)</p>	<p>Parte usada: raiz</p>
<p>Modo de preparo: decoção</p>	<p>Modo de preparo: decoção</p>
<p>Propriedades: analgésico, anti-inflamatório e antipirético</p>	<p>Propriedades: ansiolítico, hipnótico e sedativo</p>

FIGURA 2. Exemplos de plantas medicinais, preparações e efeitos terapêuticos. O processo de decoção consiste na imersão do material em água fervendo por tempo determinado, enquanto a infusão consiste em despejar água fervente sobre o material e, em seguida, tampar o recipiente por tempo determinado. A maceração envolve apenas o contato do material com a água a temperatura ambiente.

Portanto, é muito importante que tanto os usuários quanto os profissionais de saúde entendam os benefícios e os riscos envolvidos no uso de plantas medicinais e fitoterápicos. Existe uma tendência a acreditar que alternativas naturais aos medicamentos sintéticos são seguras e livres de toxicidade e efeitos colaterais, mas é importante ressaltar que plantas medicinais também podem ser tóxicas. A toxicidade de uma planta pode variar de acordo com a dosagem, a sensibilidade do indivíduo (que também pode ser influenciada por fatores temporários como a gestação) e a interação com outras substâncias medicamentosas. Além disso, o uso de espécies identificadas erroneamente, a preparação inadequada ou de partes erradas da planta, pode não ter efeito medicinal, ou pior, pode ser tóxico e até agravar o quadro clínico a ser tratado.

Para garantir que as plantas medicinais sejam utilizadas de forma segura, são indispensáveis:

- A identificação correta da planta – seja por um botânico especialista ou por um detentor de conhecimento tradicional;
- A utilização da parte correta da planta (aquela que de fato armazena as substâncias bioativas);
- A adoção do método de preparação adequado;
- Conhecimento da posologia adequada (número de vezes e a quantidade de medicamento a ser utilizado). Em caso de dúvida, a consulta à profissional de saúde habilitado é indispensável.

Existem cerca de 350.000 espécies de plantas conhecidas no mundo, sendo que apenas uma pequena fração teve sua composição química estudada. Muitas espécies ainda não foram descritas pelos taxonomistas e ameaças como desmatamento e mudanças climáticas, podem fazer com que elas desapareçam antes que possamos conhecê-las. Dada a imensa diversidade de espécies vegetais e de substâncias produzidas por elas, nossa capacidade de explorar o poder terapêutico das plantas depende da integração de diferentes áreas do conhecimento, como a botânica, a química e a farmacologia. Nesse cenário, a etnobotânica – ciência que estuda a relação entre os seres humanos e as plantas e o modo como essas plantas são usadas – e a biologia da conservação são essenciais, tanto no direcionamento das pesquisas e na valorização dos conhecimentos tradicionais quanto para assegurar a preservação das espécies e suas substâncias com potencial terapêutico. A retomada de antigos saberes de culturas passadas e a incorporação de novas práticas nos usos de plantas têm alavancado a disciplina de etnobotânica, abrindo caminhos para um aumento na eficiência tanto na bioprospecção quanto na conservação de ecossistemas.

Estruturas secretoras em plantas e a produção de óleos essenciais.

Nayara de Almeida Rodrigues Venancio*, **Beatriz de Macedo Zappa***, **Camilly Panizzi Muniz***, **Fernanda Moreira do Amaral ‡**, **Arno Fritz das Neves Brandes***, **Ana Joffily***, **Selma Ribeiro de Paiva***

*U. Federal Fluminense | ‡U. Federal do Rio de Janeiro

As estruturas secretoras estão envolvidas na síntese e estocagem de diversas substâncias secretadas em plantas. São exemplos de estruturas secretoras os idioblastos, tricomas glandulares e células que delimitam canais ou secretam substâncias provenientes do sistema vascular. O material secretado pode possuir diferentes naturezas. As estruturas secretoras também podem ser classificadas de acordo com o tipo de secreção que produzem por meio dos testes histoquímicos, que permitem indicar a presença de classes químicas em células e tecidos. Muitos produtos naturais de importância econômica são produzidos em estruturas secretoras de plantas, como os óleos essenciais (OEs). Os OEs compreendem uma mistura complexa de substâncias químicas voláteis, normalmente de natureza lipídica, derivadas do metabolismo secundário de plantas que podem ser extraídos de flores, frutos, sementes, folhas, caules e raízes. Os óleos essenciais podem apresentar diversas atividades biológicas, como anti-inflamatória, antimicrobiana, repelente e contra o ataque de herbívoros e por isso as plantas destacam-se pela sua importância na síntese e estocagem, através de estruturas secretoras, dessas substâncias.

A secreção em plantas é um fenômeno que integra o metabolismo de todas as células vivas, compreendendo processos de transferência de substâncias de um local para outro dentro da célula, ou desta para espaços intercelulares ou superfície externa do corpo vegetal. O material secretado pode possuir diferentes naturezas – como água, soluções salinas, enzimas e metabólitos secundários –, pode incluir numerosas substâncias em sua composição – como no néctar, látex e óleos essenciais –, e apresentar predominância de uma ou algumas substâncias, refletindo especificidade na atividade secretora.

Estruturas secretoras especializadas podem estar envolvidas na síntese das substâncias secretadas, como em idioblastos, tricomas glandulares e células que delimitam canais, ou secretar substâncias provenientes do sistema vascular, como em nectários, hidatódios e glândulas de sal. Muitos produtos naturais de importância econômica são produzidos em estruturas secretoras de plantas, e suas secreções apresentam variadas funções biológicas, podendo atuar na defesa vegetal contra herbívoros e microrganismos, na atração de polinizadores e na dispersão de sementes.

Apesar da elevada importância nessas funções biológicas, as substâncias presentes nessas secreções, além de serem muitas vezes tóxicas para outros organismos, são também perigosas para as próprias plantas, visto que muitos de seus componentes são citotóxicos às células vegetais. À vista disso, o alto risco de auto-toxidez teria desencadeado, nas plantas terrestres, uma série de tentativas para acumular altas concentrações dessas substâncias sem causar danos à própria planta. Uma dessas tentativas teria induzido, por exemplo, o surgimento das estruturas secretoras e armazenadoras em vegetais.

O surgimento de estruturas secretoras ocorreu diversas vezes ao longo do processo evolutivo e de forma independente. Os oleocorpos, que são organelas associadas à produção de secreções, foram as primeiras estruturas secretoras em registro fóssil e pertencem à espécie hepática, atualmente conhecida como *Mylia taylorii*, Marchantiophyta. Os tricomas secretores, importantes estruturas nas plantas terrestres, têm os primeiros registros entre os períodos Carbonífero e Devoniano em fósseis de samambaias. Contudo, a diversificação dessas estruturas só ocorreu com a radiação das angiospermas no período Cretáceo.

Atualmente, observa-se expressiva diversidade morfológica de estruturas secretoras em órgãos vegetativos e reprodutivos. Estas estruturas podem ser classificadas em internas, se presentes no interior do corpo vegetal, ou externas, se localizadas na superfície do vegetal. Além disso, podem ser unicelulares ou multicelulares. Alguns exemplos de estruturas secretoras são idioblastos, tricomas, cavidades e canais.

Idioblastos são células isoladas que diferem das adjacentes em sua forma, tamanho, estrutura da parede e/ou conteúdo, podendo conter cristais, taninos, óleos, mucilagem, mirósina, entre outros. Cristais de oxalato de cálcio podem ser observados em diferentes formas, tais como os prismáticos, drusas e ráfides, e sua presença é associada a funções biológicas como regulação de cálcio, balanço de íons sódio e potássio, defesa vegetal, suporte mecânico, desintoxicação de metais pesados, captação e reflexão de luz. Idioblastos secretores de óleos essenciais são considerados diagnósticos para a família Piperaceae e a diversidade química de suas secreções relaciona-se com as diferentes propriedades terapêuticas de suas folhas.

Na família Brassicaceae, que inclui a espécie-modelo *Arabidopsis thaliana*, por exemplo, idioblastos denominados “células de mirosina” distribuem-se nos tecidos vasculares na parte aérea da planta, principalmente no parênquima do floema, e acumulam grandes quantidades

da enzima mirosinase no vacúolo, convertendo seus substratos em substâncias tóxicas por ocasião do ataque de herbívoros.

Tricomas são apêndices epidérmicos que podem apresentar estrutura variada e ocorrer em todas as partes do corpo da planta. São classificados com base em suas características morfológicas, como número de células (unicelulares ou pluricelulares), bem como pela produção ou não de secreções (glandulares e tectores, respectivamente). Os tricomas glandulares são frequentemente associados à proteção das plantas contra herbivoria, ação de patógenos e estresses abióticos. A família Lamiaceae, que inclui numerosas espécies de importância econômica como *Salvia officinalis* (sálvia), *Mentha × piperita* (hortelã-pimenta) e *Rosmarinus officinalis* (alecrim), é caracterizada pela presença de tricomas glandulares dos tipos capitado e peltado, sendo esse último o principal sítio de produção de óleos essenciais no grupo.

Cavidades e canais secretores são estruturas secretoras internas que são resultado da dissolução de células (lisígenos) ou de sua separação (esquizógenos). Nesse caso, as substâncias são secretadas em espaços intercelulares, delimitados por células secretoras especializadas, sendo que nos espaços lisígenos as células da periferia estão parcialmente desintegradas e as de espaços esquizógenos, estão, geralmente, intactas. São denominados cavidades secretores os espaços secretores curtos, enquanto os longos são chamados de canais secretores. Em frutos de *Citrus sinensis* (laranja) e *Citrus limon* (limão siciliano), da família Rutaceae, cavidades secretoras de óleos essenciais ricos em monoterpenos desenvolvem-se por sobreposição de processos esquizógenos e lisígenos. Em Asteraceae, canais são frequentemente associados ao sistema vascular ou localizados lateralmente aos feixes, como observado em folhas de *Mikania glomerata* e *Mikania laevigata* (guaco).

As estruturas secretoras também podem ser classificadas de acordo com o tipo de secreção que produzem. Os testes histoquímicos permitem indicar a presença de classes químicas em células e tecidos. Para isso, é necessário a utilização de reagentes e corantes específicos que reagem com a substância secretada. A análise histoquímica geralmente é realizada para identificar carboidratos, proteínas, lipídios, compostos fenólicos e alcaloides, podendo ser geral ou específica. De acordo com a descrição de Dermaco, em 2017, para a detecção de substâncias hidrofílicas, por exemplo, pode-se aplicar solução de vermelho de rutênio em cortes do material fresco, método que cora mucilagens ácidas, pectinas e ácidos nucleicos em magenta ou vermelho. Para identificar alcaloides pode-se utilizar o reagente de Dragendorff que marca essas substâncias em vermelho-marrom. Na detecção de substâncias lipídicas pode-se aplicar solução Sudan III, que cora os lipídios de amarelo-alaranjado ou vermelho e para a detecção de compostos fenólicos pode-se aplicar solução de Cloreto férrico 10%, que produz coloração negro-azulada ou verde escuro em compostos fenólicos. A FIGURA 1 apresenta estruturas secretoras em angiospermas, algumas delas com secreções evidenciadas por meio de testes histoquímicos.

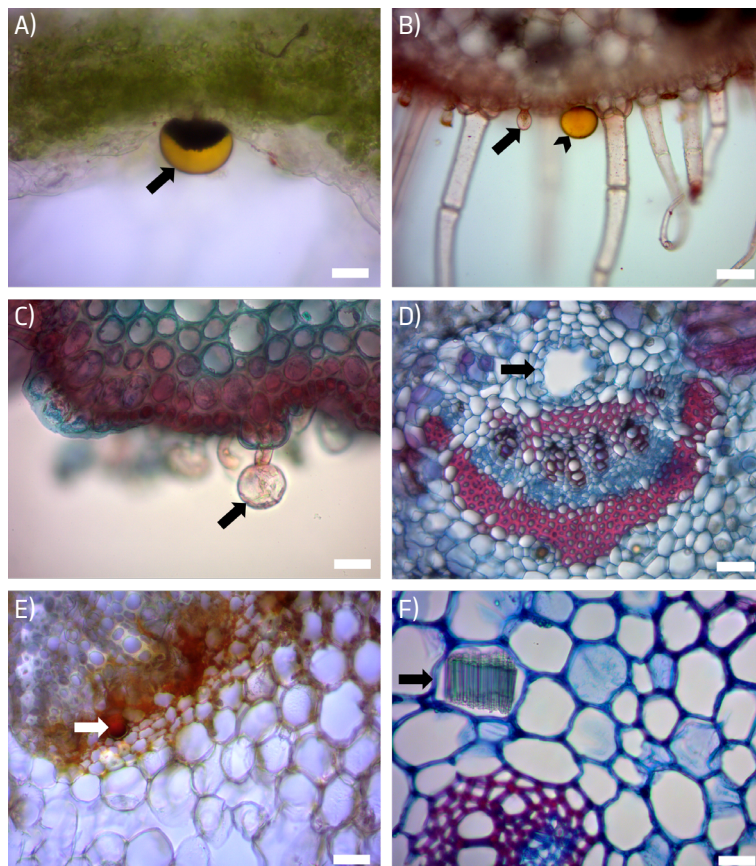


FIGURA 1. Estruturas secretoras de angiospermas em secção transversal. A)–E), Folhas. F) Caule. A), B) Tricomas glandulares (seta e cabeça de seta) em *Plectranthus barbatus*. A) Corado com cloreto férrico 10% (seta), substâncias fenólicas evidenciadas em negro. B) Corado com Sudan III 0,5%, substâncias de natureza lipídica evidenciadas em vermelho (seta). C) Tricoma glandular (seta) em *Varronia curassavica*. D) Canal secretor (seta) em *Mikania glomerata*. E) Idioblasto corado com Sudan III (seta) em *Monteverdia communis*, substâncias de natureza lipídica evidenciadas em vermelho. F) Idioblasto evidenciando a presença de ráfides (seta) em *Asplundia brachypus*. C), D), F) Corado com safranina-azul de astra 1-9. A), C), E), F) Barra=30µm. B), D) Barra=60µm.

Essas diversas estruturas secretoras são responsáveis por produzir ou armazenar substâncias de composição química muito variada, com diversas funções e utilidades. Como exemplo dessas substâncias, destacam-se os óleos essenciais (OEs) que são sintetizados e armazenados nas plantas em estruturas externas, como tricomas, e estruturas internas como células, canais e cavidades secretoras.

Madeiras históricas.

João Carlos Ferreira de Melo-Júnior

PPGSMA/ PPGPCS/ U. Região de Joinville

Madeiras históricas, também conhecidas como madeiras de uso cultural, são o lenho (xilema secundário) obtido de árvores em ecossistemas florestais e transformados em matéria prima para a manufatura de artefatos culturais por diferentes sociedades humanas ao longo do tempo histórico. Sua investigação nos permite conhecer aspectos da vida cotidiana, heranças culturais, saberes-fazer e formas de uso e conservação da biodiversidade.

A vida das diferentes sociedades humanas sempre esteve ligada, de alguma forma, às árvores. As relações estabelecidas entre as pessoas e o ambiente florestal derivam de interações temporalmente longínquas, cujos saberes sobre a biodiversidade são transmitidos, muitas vezes, ao longo de muitas gerações. Qualquer que seja a cultura humana reportada, a madeira representa o recurso natural mais utilizado, sendo assim considerada a matéria prima renovável mais importante em todo o mundo. Os diversificados usos atribuídos à madeira podem ser categorizados em: adornos e indumentárias, artesanias, corantes e pigmentos, objetos rituais e estátuária, objetos de recreação, instrumentos musicais, combustível, armas, estruturas, abrigos e edificações, mobiliário, maquinários e ferramentas, meios de transporte e utensílios domésticos (FIGURA 1). Cada categoria de uso reúne um elevado número de espécies de madeira, as quais possuem atributos anatômicos, físicos, químicos e mecânicos diretamente relacionados ao emprego dado à madeira.

Apesar da sociedade contemporânea se utilizar da madeira para produzir tantos objetos usados no dia-a-dia das pessoas, os artefatos produzidos por meio do uso cultural da madeira diferem de outras estruturas existentes por agregar valor histórico e patrimonial, tornando-se ícones que ganham significado cultural e identitário das sociedades humanas.

O conhecimento humano sobre as espécies de madeira abarca uma dimensão imaterial (saberes-fazer) e difere em cada sociedade que a manipula. Pode estar associado a aspectos de ordem simbólica, tecnológica ou até mesmo ser mediada pela abundância da árvore nos seus locais de ocorrência natural. Percebe-se também, em algumas sociedades, a fusão de saberes oriundos de distintas culturas, somando conhecimentos ancestrais tradicionais aos saberes produzidos em comunidades rurais e cidades antigas inauguradas ao longo do desenvolvimento das sociedades históricas em todo o globo.



FIGURA 1. Exemplos de artefatos culturais produzidos em madeira por diferentes culturas humanas no Brasil. A) Zoomorfo indígena Guarani. B) Ruínas de uma igreja do século XVIII. C) Tina de banho do período colonial. D) Carroça do período colonial. E) Casa enxaimel da imigração alemã. F) Estatuária devocional do século XVI. G) Engenho de farinha do século XX.

Estudos sobre madeiras históricas são uma tradição no velho continente e demonstram claramente a importância de certas espécies arbóreas, como o abeto (*Abies alba* – Pinaceae), o carvalho (*Quercus spp.* – Fagaceae), o castanheiro (*Castanea sativa* – Fagaceae), o espruce (*Picea abies* – Pinaceae) e o pinheiro (*Pinus spp.* – Pinaceae). No Brasil, ainda representa um campo de investigação incipiente apesar do país possuir grande parcela do seu patrimônio histórico constituído em madeira. Os estudos mais antigos datam da década de 1990, mas somente nos últimos 15 anos têm ganhado maior visibilidade. Dada a megadiversidade de espécie provedoras de madeira nas florestas tropicais, tem-se identificado uma grande variedade de espécies com uso cultural do lenho, com destaque ao angelim (*Andira sp.* – Fabaceae), à canela (*Ocotea spp.* – Lauraceae), ao cedro (*Cedrela sp.* – Meliaceae), ao ipê (*Handroanthus sp.* –

Bignoniaceae), ao jequitibá (*Carinana sp.* – Lecythidaceae), à peroba (*Aspidosperma sp.* – Apocynaceae) e ao pinho (*Araucaria angustifolia* – Araucariaceae).

Os estudos sobre as madeiras de uso cultural desempenham um papel crucial na conservação da biodiversidade, uma vez que ao se olhar para um artefato em madeira está se olhando também para a floresta e o aproveitamento histórico de certas espécies ao longo da história. Essa relação, mediada pela ferramenta da anatomia da madeira capaz de identificar as espécies, também se manifesta em outras dimensões, como: i) patrimonial – baseada no registro de heranças, na compreensão de saberes-fazeres que conectam passado e presente cultural, no desenvolvimento de técnicas de conservação e restaturo do patrimônio que garantam seu acesso às futuras gerações; ii) tecnológica – pautada nas características e propriedades da madeira que permitem entender a evolução do uso da madeira, estilos e tipologias adotadas pelos antigos mestres artesãos até a atualidade; iii) ambiental – capaz de reconstruir paisagens e cenários climáticos do passado com base nos atributos da madeira que marcam eventos naturais; e iv) conservacionista – interessada em relacionar o uso das madeiras ao atual status de conservação biológica das espécies de árvores provedoras de matéria prima e das formas de manejo das florestas, gerando informações úteis à manutenção da biodiversidade.

Diante do exposto, acredita-se que a ampliação dos conhecimentos científicos acerca das madeiras históricas pode colaborar com a preservação de importantes traços que caracterizam a humanidade por meio da sua expressão cultural, heranças e tradições, mas, principalmente, com a conservação da diversidade de árvores e ecossistemas florestais dos quais a espécie humana prosperou.

Amieiro Ibérico.

Uma espécie-chave das florestas ripárias.

Verónica Ferreira

MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente | ARNET – Rede de Investigação Aquática/ U. Coimbra

O amieiro ibérico (*Alnus lusitanica*) é a espécie nativa de amieiro presente em Portugal continental. Esta é uma descoberta recente que resulta do reconhecimento de duas novas espécies de amieiro antes contidas sob a denominação de amieiro-comum (*Alnus glutinosa*), a espécie que se pensava ocorrer em Portugal. O amieiro ibérico (tetraploide) deriva do amieiro-comum (diploide) por autopoliploidia, e ambos são morfológicamente semelhantes. No entanto, uma vez que em Portugal continental apenas o amieiro ibérico ocorre naturalmente, a identificação de indivíduos na natureza não deverá suscitar dúvidas. O amieiro ibérico distingue-se facilmente das outras espécies da flora nativa com base nas suas características morfológicas. No que respeita às características ecológicas, o amieiro ibérico tem necessidade de humidade constante e por isso ocorre nas margens de rios e ribeiros permanentes, o que faz dele uma espécie ripária. O amieiro ibérico também é uma espécie fixadora de azoto, adaptada a situações de alagamento e de plena luz, o que faz dele uma espécie pioneira. Em resultado das suas características e presença nas florestas ripárias, o amieiro ibérico é uma espécie de grande importância para os rios e ribeiros, contribuindo para definir o ambiente físico, as características da água, as comunidades e os processos aquáticos. Consequentemente, o amieiro ibérico é uma espécie-chave das florestas ripárias. Adicionalmente, o amieiro ibérico fornece um grande número de serviços ecossistémicos às populações humanas. As populações de amieiro estão, no entanto, ameaçadas por vários fatores como a infeção por agentes patogénicos, as alterações climáticas e as atividades humanas. Em resultado da sua importância e fragilidade, devem ser tomadas medidas com vista à proteção dos amieiros.

Amieiro: Identidade e distribuição.

Os amieiros (género *Alnus*, família Betulaceae) compreendem cerca de 35 espécies de árvores e arbustos com flor (angiospérmicas), a maioria distribuída por zonas de clima temperado do hemisfério norte. Até 2017, considerava-se a existência de quatro espécies nativas de amieiro na Europa: o amieiro-comum, amieiro-vulgar ou amieiro-negro (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), o amieiro-cinzento (*Alnus incana* (L.) Moench), o amieiro-verde (*Alnus alnobetula* (Ehrh.) K.Koch, também conhecido como *Alnus viridis* (Chaix.) D.C.) e o amieiro-de-Nápoles (*Alnus cordata* (Loisel.) Duby). Destas quatro espécies, o amieiro-comum (*A. glutinosa*) é a que tem a área de distribuição nativa mais ampla, abarcando a Europa, o oeste da Ásia e o norte de África, e até 2017 considerava-se que esta era a espécie nativa de amieiro presente na Península Ibérica. No entanto, em 2017, por

aplicação de vários métodos, percebeu-se que a espécie *A. glutinosa* compreendia de facto três espécies: *A. glutinosa*, *Alnus rohlenae* Vít, Douda & Mandák e *Alnus lusitanica* Vít, Douda & Mandák, o que aumentou para seis o número total de espécies nativas de amieiro na Europa (FIGURA 1). As duas últimas são espécies novas para a ciência, estando a espécie *A. rohlenae* limitada à zona oeste da Península Balcânica e espécie *A. lusitanica* (amieiro ibérico) limitada à Península Ibérica e Marrocos (FIGURA 1). Com esta separação da espécie *A. glutinosa* em três espécies distintas, resulta que a espécie nativa de amieiro presente em Portugal continental é o amieiro ibérico enquanto em Espanha existe o amieiro ibérico com uma distribuição ampla e o amieiro-comum com uma distribuição mais próxima aos Pirenéus (FIGURA 1). Não há espécies nativas de amieiro nos arquipélagos da Madeira e dos Açores; no entanto, o amieiro está naturalizado no arquipélago dos Açores havendo que confirmar qual das espécies será (*A. glutinosa* ou *A. lusitanica*).

As três espécies antes consideradas como *A. glutinosa* estão intimamente relacionadas e são morfológicamente muito semelhantes, o que explica como só recentemente se tenha descoberto a diferença entre elas. A espécie *A. glutinosa* é diploide (as suas células somáticas têm dois conjuntos de cromossomas (cada conjunto com $x = 14$ cromossomas), resultando em 14 pares de cromossomas homólogos, $2n = 2x = 28$ cromossomas), enquanto as espécies *A. rohlenae* e *A. lusitanica* são tetraploides (as suas células somáticas têm quatro conjuntos de cromossomas, $2n = 4x = 56$ cromossomas) e terão derivado a partir da espécie *A. glutinosa* por autopoliploidia. Por exemplo, e simplificando, decorrente de problemas na meiose com a não separação dos dois cromossomas de cada par aquando da formação dos gâmetas, em vez de se formarem gâmetas haplóides (com $1n = 1x = 14$ cromossomas) poderão ter-se formado gâmetas diploides (com $2n = 2x = 28$ cromossomas); durante o processo de fecundação, a junção de dois gâmetas diploides poderá ter originado um zigoto tetraploide ($2n = 4x = 56$).



FIGURA 1. Representação grosseira da distribuição das seis espécies nativas de amieiro na Europa, com indicação das regiões onde são mais representativas. Notar que há regiões onde várias espécies coexistem.

Características morfológicas do amieiro.

O amieiro ibérico é uma árvore de porte mediado, com uma taxa de crescimento rápida, principalmente nos primeiros anos. Tem uma longevidade baixa, vivendo no máximo cerca de 100 a 120 anos. Apesar de ser difícil distinguir o amieiro ibérico das espécies próximas, não há confusão na sua identificação em ambiente natural em Portugal continental visto que será a única espécie nativa de amieiro presente; no entanto, podem ter sido plantados exemplares de amieiro-comum em parques (TABELA 1).

TABELA 1. Caracterização do amieiro ibérico (*Alnus lusitanica*), a espécie nativa de amieiro presente em Portugal continental. Algumas das características morfológicas listadas (por exemplo, descrição das folhas e das flores) são úteis para distinguir o amieiro ibérico de outras espécies da flora nacional mas não de outras espécies de amieiro.

Órgão	Caracterização
Copa	Cónica nas árvores jovens. Ampla e arredondada nas árvores adultas, com ramificação irregular.
Folhas	Alternas, simples, arredondadas ou obovadas, duplamente dentadas, com até 4 a 10 cm de comprimento (excluindo o pecíolo que é longo) e com 5 a 8 pares de nervuras secundárias. São glabras (sem "pelos") na página superior mas têm tufo de tricomas ("pelos") amarelados nas axilas das nervuras na página inferior. Têm cor verde-escuro e são viscosas. Caem no outono (são caducas, espécie caducifolia) ainda verdes (não apresentam as típicas cores outonais) e voltam a surgir entre abril e maio.
Flores	Flores masculinas e femininas na mesma planta (espécie monoica), em inflorescências, abundantes antes do aparecimento das folhas (janeiro-março). Flores masculinas agrupadas em amentilhos pendentes, cilíndricos e alongados, com 3 a 7 cm de comprimento, de cor púrpura no inverno e verde na primavera. Flores femininas em amentilhos eretos, ovoides, com 1 a 2,5 cm de comprimento e até 1,2 cm de diâmetro, de cor vermelho-púrpura no inverno, verde na primavera e acastanhada depois da fecundação (fazem lembrar pequenas pinhas). A polinização é feita pelo vento (anemófila). Existe auto-incompatibilidade (a polinização não ocorre com pólen da mesma planta) pelo que a polinização é cruzada (polinização com pólen de outra planta).
Frutos	Ovoides, com 1 a 2,5 cm de comprimento, de cor castanha (fazem lembrar pequenas pinhas). A maturação ocorre no outono, com abertura de escamas lenhosas para libertar as sementes (2 por escama). Frutificação regular e abundante.
Sementes	Muito pequenas, planas, com uma asa estreita (sâmaras), câmaras de flutuação e revestimento oleoso resistente à água. A dispersão é feita pelo vento (anemocoria) e pela água (hidrocoria) no outono.
Tronco	Ereto, cilíndrico, com uma altura máxima de cerca de 25 m. Muito ramificado nas árvores jovens. Nas árvores adultas em povoamentos densos, os ramos inferiores vão morrendo ("poda natural") com o aumento do ensombramento ficando a ramificação limitada à parte superior do tronco. Rebenta facilmente de toça (zona de corte junto ao solo), pelo que são comuns árvores com vários troncos principais (varas) caso o tronco original tenha sido cortado.
Casca (ritidoma)	Lisa, fina, acinzentada e com grande densidade de poros (lenticelas) nas árvores jovens. Castanho-escuro, com placas separadas por gretas longitudinais inicialmente pouco profundas e depois muito pronunciadas nas árvores adultas.
Raízes	Sistema radicular com raiz pivotante que pode atingir grande profundidade (até 5 m), principalmente em ambientes pantanosos para ancorar a árvore, e raízes laterais muito robustas e bem desenvolvidas que formam uma "rede" relativamente paralela à superfície do solo (maioritariamente a < 60 cm de profundidade). Possui nódulos amarelados onde actinobactérias (<i>Frankia alni</i>) fixam azoto atmosférico. Durante períodos de alagamento desenvolve raízes adventícias ("aéreas") na base do tronco.

A distinção entre o amieiro ibérico e outras espécies da flora nacional é fácil com base em aspectos morfológicos (TABELA 1 e FIGURA 2)



FIGURA 2. Amieiro Ibérico nas margens do rio Ceira, em Góis, em julho de 2024. A) Hábito de árvore jovem. B) Hábito de árvore adulta isolada. C) e D) Hábito de árvores em grupo. E) Folhas maduras. F) Flores masculinas do ano anterior (amentilhos alongados castanhos) e flores femininas do ano corrente (amentilhos ovoides verdes). G) Flores femininas do ano corrente e frutos do ano anterior ("pinhas" castanhas). H) Casca de árvore jovem com lenticelas. I) Casca de árvore adulta com placas separadas por gretas longitudinais. J) Raízes com nódulos (indicados por setas). Fotos: A – E e H – I, Verónica Ferreira; Fotos: F, G e J, Alejandro Solla.

A Proposição XI dos *Principia Mathematica* de Newton.

João Nuno Tavares

U. Porto

ARTIGO

26

Este é o primeiro de dois artigos sobre a relação entre as leis de Kepler e a lei de atracção universal de Newton. O objetivo deste primeiro artigo é demonstrar a célebre proposição XI dos *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, tal como o fez Newton.

1. Leis de Kepler.

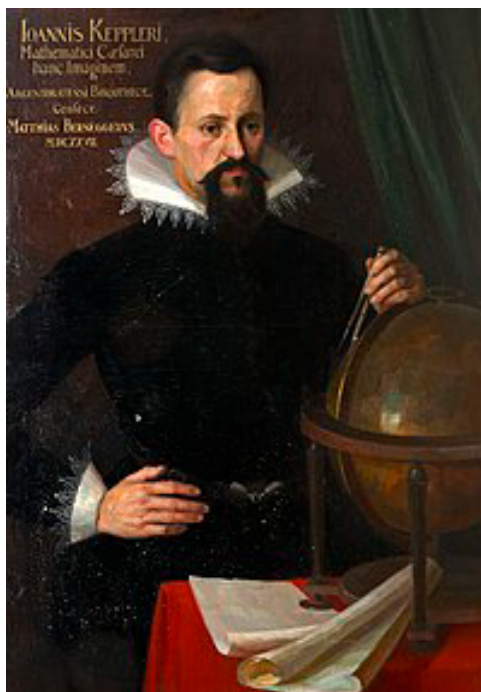


FIGURA 1. Johannes Kepler, em 1620, autor desconhecido.

No princípio do século XVII, Johann Kepler (1571-1630), a partir de uma grande quantidade de observações astronómicas efectuadas por Tycho Brahe (1546-1601), nos últimos 20 anos da sua vida, formulou as seguintes três leis para o movimento dos planetas em torno do Sol:

- Primeira Lei de Kepler (Lei das elipses). "Cada planeta move-se ao longo de uma elipse com o sol num dos focos".
- Segunda Lei de Kepler (Lei das áreas). "O vetor de posição de cada planeta, relativamente ao sol, varre áreas iguais em tempos iguais" (FIGURA 2).
- Terceira Lei de Kepler (Lei dos períodos). "O quadrado do período (i.e., o tempo necessário para completar uma órbita), é proporcional ao cubo do eixo maior da elipse, sendo a constante de proporcionalidade a mesma para todos os planetas".

Poucos contestaram a segunda e terceira leis. Resultavam de observações e só restava fazer os cálculos para as confirmar. Mas a primeira lei causou muita perturbação para quem estava habituado a pensar só em retas e círculos! Porquê uma elipse? Porque é que os céus, numa manifestação pura da vontade divina, optavam por uma forma distorcida de uma figura perfeita - o círculo?

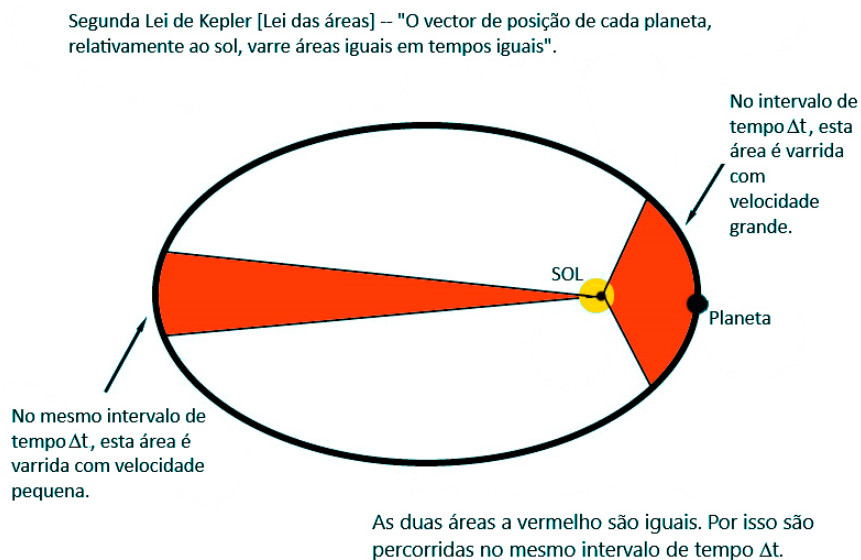


FIGURA 2. Segunda Lei de Kepler (Lei das áreas): "O vetor de posição de cada planeta, relativamente ao sol varre áreas iguais em tempos iguais".

Isaac Newton, na sua obra monumental, intitulada *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, estabeleceu os fundamentos da chamada mecânica clássica (ou Newtoniana), que ainda hoje se aprende nos cursos iniciais de Física.



FIGURA 3. Newton, com 46 anos de idade, retratado em 1689, por Godfrey Kneller.

Nessa obra genial, publicada em 1687, Newton confirmou o modelo de Kepler, e restaurou a sua pureza, ao mostrar que as órbitas elípticas, como previstas pelas leis de Kepler, são na realidade equivalentes ao facto de que a aceleração gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância ao corpo em órbita. Veremos tudo isto em detalhe daqui a pouco!

Newton começa por definir massa, momento (a que chama movimento = massa \times velocidade), vários tipos de forças e aceleração, e formula então 3 axiomas ou Leis de movimento que vão ser o pilar da sua Mecânica Clássica (Newtoniana).

2. Leis de Newton.

- 1.^a Lei de Newton (Lei de inércia). “Um corpo em repouso permanecerá sempre em repouso e um corpo em movimento retilíneo uniforme (com velocidade constante), assim continuará, a não ser que, em ambos os casos, sobre ele actue uma força exterior”.
- 2.^a Lei de Newton. “A aceleração de um corpo é proporcional à força que sobre ele atua e está dirigida segundo a direção dessa força”:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} \quad (1)$$

- 3.^a Lei de Newton (Lei da ação-reação). “A toda a ação, de um corpo sobre outro, corresponde uma reação igual e oposta, exercida pelo segundo corpo sobre o primeiro.”.

Cerca de 80 anos após a publicação, em 1609, da primeira Lei de Kepler Isaac Newton (1642-1727) utilizou a sua segunda lei: “Força = massa × aceleração” para deduzir, a partir das leis de Kepler, a natureza básica da força que mantém cada planeta na respectiva órbita.

3. Método da aproximação poligonal de Newton.

Newton trabalha sempre com pequenas forças instantâneas que provocam mudanças discretas na velocidade, e portanto nas trajetórias, dos corpos onde actuam. Só posteriormente, com o génio da concepção do cálculo, se apercebe de que as mudanças contínuas podem ser aproximadas por, e são de facto, o “limite” das mudanças discretas.

Em 1687 Newton usou um método da aproximação poligonal para demonstrar a lei das áreas de Kepler, válida para qualquer força central. Expliquemos melhor o seu argumento. Um corpo de massa 1 desloca-se da posição inicial P_0 até à posição P_1 , com movimento retilíneo uniforme com velocidade V_0 , durante um intervalo de tempo Δt . Portanto, a distância que ele percorre, ao ir da posição P_0 até à posição P_1 , é igual a:

$$|P_0P_1| = v_0 \times \Delta t, \quad v_0 = \|V_0\|$$

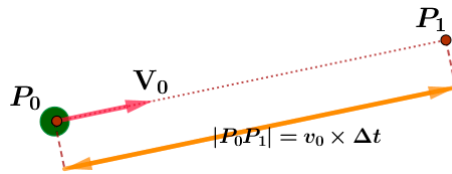


FIGURA 4. Método de aproximação poligonal.

Na posição P_1 , o corpo é sujeito à ação de uma força impulsiva F (uma “pancada!”), dirigida para o centro de forças fixo S . A força atua durante um intervalo de tempo muito pequeno δt , comunicando pois ao corpo uma velocidade:

$$W_1 = F\delta t$$

(não esqueça que estamos a supor que a massa do corpo é igual a 1).

Se o corpo estivesse em repouso na posição P_1 , ele deslocar-se-ia na direção de W_1 , percorrendo uma distância igual a $w_1 \times \Delta t$, ao fim do intervalo de tempo Δt .

Por outro lado, se a força F não existisse, o corpo deslocar-se-ia por inércia na direção de V_0 , percorrendo, a partir da posição P_1 , uma distância igual a $v_0 \times \Delta t$, ao fim do mesmo intervalo de tempo Δt .

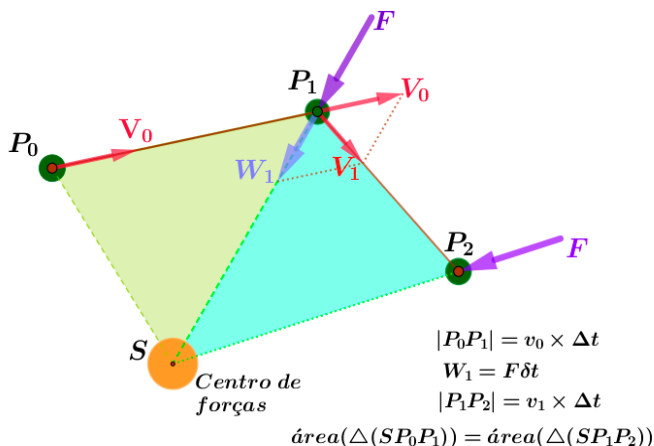


FIGURA 5. Método de aproximação poligonal.

Mas agora, na posição P_1 , o corpo está sujeito à lei de composição de velocidades. Pela regra do paralelogramo, a velocidade que ele adquire será:

$$V_1 = V_0 + W_1$$

e, ao fim do mesmo intervalo de tempo Δt , ele atinge a posição P_2 , na direção de V_1 , tal que:

$$|P_1P_2| = v_1 \times \Delta t$$

Em P_2 , o corpo sofre uma nova “pancada”, F , dirigida para o centro de forças fixo S , e o processo repete-se (FIGURA 15).

Este método é consecutivamente usado por Newton em toda a sua Dinâmica.

Teorema (Newton Proposição I).

Seja S um ponto fixo (o Sol) e P um ponto móvel (um planeta) sobre o qual, em cada instante, a única força, F , que nele atua é central, isto é, tem a direção de P para S . Então:

- A trajetória de P é plana.
- O segmento SP varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.

Nota.

Note que isto afirma muito mais do que a 1.ª lei de Kepler! De facto, áreas iguais em intervalos de tempo iguais é consequência de qualquer força radial F , independentemente da forma como ela varia em intensidade!

Demonstração.

É claro que o teorema é verdadeiro quando não há forças a actuar em P - neste caso, a 1.ª lei de Newton diz que P tem movimento retilíneo uniforme (com velocidade constante). Isto implica

que P percorre distâncias iguais, em intervalos de tempo iguais, sobre a sua trajetória retilínea l . Podemos supor, é claro, que $S \notin l$. Caso contrário SP varre área nula.

Fixemos um certo intervalo de tempo $\Delta t > 0$. Suponhamos que P parte de P_0 , com velocidade constante V_0 , e atinge P_1 ao fim do tempo Δt . Portanto:

$$P_1 = P_0 + V_0 \Delta t \Rightarrow \text{distância}(P_0, P_1) = v_0 \Delta t$$

onde $v_0 = \|V_0\|$.

Suponhamos agora que o planeta P , quando atinge o ponto P_1 , é atuado por uma força instantânea F , radial – dirigida segundo a reta P_1S (FIGURA 6). A 2.ª lei de Newton diz-nos que isto faz surgir uma nova componente para a velocidade $W_1 = F \delta t$, de P , em P_1 , dirigida segundo a reta P_1S . Note que W_1 pode apontar para S ou no sentido oposto. Por outras palavras, a força instantânea F pode empurrar P em direção a S (força atrativa) ou afastar P de S (força repulsiva). Na FIGURA 6 ela é atrativa.

Se $F = 0$, isto é, se não existisse a força F , P seguiria por inércia a sua trajetória retilínea, com a mesma velocidade V_0 , atingindo um ponto Q , ao fim do tempo Δt .

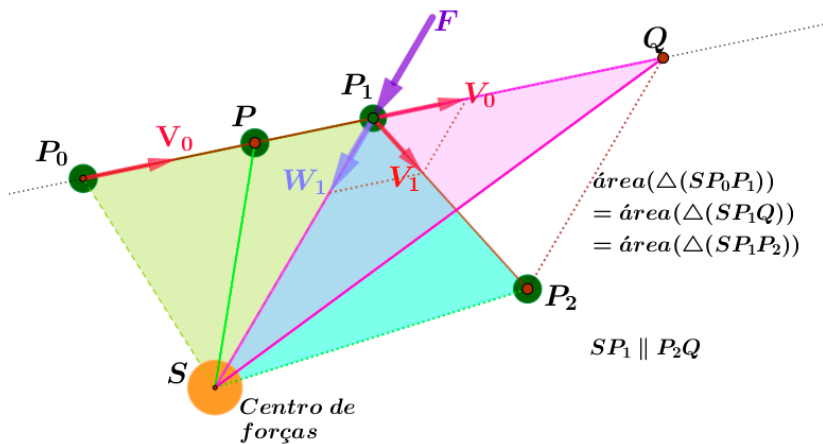


FIGURA 6. Demonstração da Proposição I de Newton.

Mas quando $F \neq 0$, a velocidade resultante, V_1 é obtida pela regra do paralelogramo:

$$V_1 = V_0 + W_1$$

e o planeta P segue agora uma outra trajetória retilínea, atingindo um ponto P_2 , ao fim do tempo Δt :

$$P_2 = P_1 + V_1 \Delta t \Rightarrow \text{distância}(P_1, P_2) = v_1 \Delta t$$

Sobre a composição do ar e a teoria do flogisto.

João Gomes

DEQ/ ISEL

Neste artigo faz-se uma breve resenha histórica do caminho percorrido ao longo dos anos sobre a composição dos gases do ar, desde a Antiguidade clássica até à “revolução” química, operada por Antoine Lavoisier, no século XVIII.

Maioritariamente o ar (da atmosfera terrestre) é composto por 78,084% de nitrogénio 20,946% de oxigénio e 0,934% de árgon, contendo ainda os restantes gases raros (hélio, néon, krípton e xénon), além de vapor de água, dióxido de carbono, metano, dióxido de nitrogénio e ozono; com uma massa molecular média de 28,97. Estima-se que a atmosfera da Terra tem uma massa de $5,1 \times 10^{18}$ kg, estendendo-se desde a superfície terrestre até uma altitude de cerca de 800 km, no limite da termosfera. Esta é a última camada a partir da qual ainda se equaciona a presença da exosfera, embora se aceite que a linha Kármán, a 100 km de altitude constitua o limite entre a atmosfera terrestre e o espaço exterior. Assim, cerca de três quartos da massa da atmosfera se encontram entre a superfície terrestre e a altitude de 11 km, em que a atmosfera se torna mais rarefeita à medida que a altitude aumenta. Naturalmente que esta informação, minimamente rigorosa, de que hoje dispomos pode ser considerada “recente”, tendo em conta que o oxigénio e o nitrogénio só foram descobertos e identificados inequivocamente em finais do século XVIII, na sequência dos trabalhos de Antoine Lavoisier, considerado o verdadeiro “pai” da Química moderna, que operou nela uma verdadeira revolução, pelo que se pode admitir que a Química, como ciência precisa digna desse nome, só aparece nesta altura, sendo que anteriormente existia pouco mais do que a alquimia. Note-se, a este respeito, que o termo “Química” aparece referido por Robert Boyle, em 1661, como “o assunto dos princípios materiais dos corpos mistos”, o que Christopher Glaser, em 1663, descreveu como “arte científica”, antes de vir a adquirir, posteriormente, o estatuto de Ciência. Particularmente, os trabalhos de Boyle, que se considerava um “filósofo natural”, sobre gases têm muito a ver com a identificação dos gases e suas propriedades físicas, que vieram a ser explicitadas depois. E, na verdade, é a identificação dos gases do ar, em particular, do oxigénio e o seu papel na respiração humana, que possibilitou a dita revolução da química, a que nos referimos anteriormente.

Na realidade, esta história relativa aos gases do ar vem de muito longe, tão longe como os tempos de Empédocles de Agrigento (495 a.C.–430 a.C.) autor, pelo que se conhece, da teoria cosmogénica que considerou a existência de quatro elementos clássicos, conceção que perdurou até ao século XVIII: terra (Aidoneu), água (Nestos), ar (Hera) e fogo (Zeus). Estes são os quatro elementos fundamentais (que se representam na FIGURA 1).

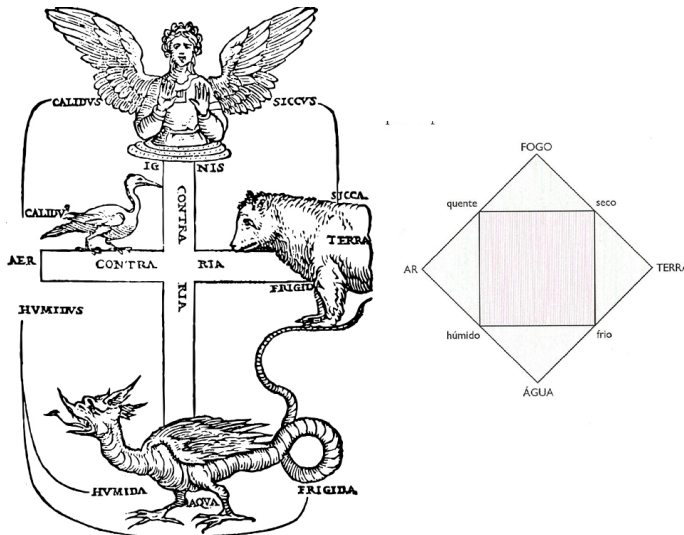


FIGURA 1. Representação alquímica dos quatro elementos e "humores" associados.

Mais tarde adicionou-se ainda o éter, a quinta essência, para explicar o que existia acima de atmosfera terrestre, ou seja, o fluido no qual permaneciam os astros, como o Sol, a Lua e outros planetas, como se indica na FIGURA 2.



FIGURA 2. Representação da Terra e do éter onde existiriam os corpos celestes.

Às quatro substâncias base, também identificadas na Índia antiga, Egito helenístico e Grécia antiga, correspondiam os quatro humores humanos, a saber, sanguíneo (ar), fleumático (água), colérico (fogo) e bilioso (terra), sendo que, na visão alquímica, a saúde do ser humano se concentrava em obter o equilíbrio entre esses humores, conforme Hipócrates, o que explica que os alquimistas sejam também considerados, desde a idade média, como físicos, ou, mais precisamente, os médicos de outrora.

Foi um médico alemão, Georg Stahl (1659-1734) que conceptualizou uma teoria algo engenhosa, a *Teoria do Flogisto*, que veio a ser aceite e subsistiu bastante tempo, apesar das evidentes incoerências, pois conseguia explicar, com algum sucesso diversos fenómenos relacionados com a combustão de diversas substâncias no ar, como sejam a matéria orgânica e os metais, e ainda alguns fenómenos relacionados com a respiração.

Atualmente, aceitamos que a respiração consiste num processo que envolve duas reações químicas principais:

i) oxidação do carbono, ou reação de combustão completa: $C + O_2 \rightarrow CO_2$

ii) formação do vapor de água, formalmente também uma reação de oxidação do hidrogénio: $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ que são duas reações exotérmicas, ou seja, que se processam com libertação de energia, sob a forma de calor. Isto permite manter os corpos em que ocorrem, quentes, e consistem na oxidação dos hidratos de carbono que ingerimos a dióxido de carbono e vapor de água, que se libertam e, entretanto, servem para transferir o oxigénio do ar para a corrente sanguínea. Por sua vez, este vai oxigenar os principais órgãos internos, e que é permutado (também na corrente sanguínea) com dióxido de carbono que é expelido pelo aparelho respiratório. Contudo, estes processos não eram conhecidos por Stahl, nem o era o oxigénio. Stahl conceptualizou a *Teoria do Flogisto* a partir dos trabalhos de Johan Becher (1635-1682) que definiu a existência de três tipos de terras, como substâncias base, a *Terra Fluida* ou *Terra Mercurialis* (mercúrio), a *Terra Lapidea* (vitrificável) e a *Terra Pinguis* (combustível como o enxofre), que não diferem muito dos elementos base enunciados por Empédocles, e têm alguma semelhança com uma noção dos alquimistas que defendiam a existência de três elementos sólidos, a *Terra Prima*, ou seja, mercúrio, sal e enxofre. A *Terra Pinguis* estava associada ao fogo, ou mais precisamente, aos combustíveis, e era libertada quando esses materiais ardiem. Este conceito foi explanado por Stahl, postulando a existência de uma substância, ou um fluido, denominado *Flogisto*, do grego *phlogistón* ($\phi\lambda\omicron\gamma\iota\sigma\tau\acute{o}\nu$ = inflamável de $\phi\lambda\acute{o}\xi$ = chama), e que se libertaria na combustão de matéria orgânica e, igualmente, de metais, em que a “queima” de metais (calcinação) na presença de ar, é, na realidade, uma oxidação. Segundo Stahl, as substâncias que ardem no ar são ricas em *flogisto*, ou *flogisticadas*, substância esta que se liberta na combustão, sendo absorvida pelo ar, convertendo-se os combustíveis e os metais a *deflogisticados*, tendo o *flogisto* mesmo honras de símbolo alquímico, como se indica na FIGURA 3.



FIGURA 3. Símbolo alquímico do flogisto.

O *flogisto* absorvido pelo ar era, por sua vez, absorvido pelas plantas, o que explicaria que o ar não entrasse espontaneamente em combustão. O facto de a combustão cessar, em determinado momento num espaço fechado, era uma evidência de que o ar tinha capacidade para absorver uma quantidade finita de *flogisto* e, quando o ar estivesse completamente *flogisticado*, ele não poderia constituir suporte à combustão de qualquer substância e ainda o ar *flogisticado* não poderia ser suporte de vida. Por último, a respiração consistia em retirar *flogisto* dos organismos em que ocorresse. Esta teoria decorreu das muitas e precisas observações experimentais que Stahl fez dos processos de combustão e de calcinação dos metais, em que a principal diferença entre estes é que a combustão consiste num processo rápido e irreversível, enquanto a calcinação de metais é um processo lento e reversível, em que o metal, perdendo *flogisto*, converte-se a uma “cal” do mesmo metal, que poderá ser convertida, novamente, ao metal original com reabsorção de *flogisto*. Johann Pott (1692-1777), um dos discípulos de Stahl, expandiu a *Teoria do Flogisto*, e enunciou uma série de princípios e propriedades, considerando que o *flogisto* não é uma partícula, mas sim uma essência, permeável entre substâncias. O sucesso desta teoria consiste em que ela permite explicar o facto de os combustíveis perderem massa durante a combustão, por perda de *flogisto*, embora não o consiga fazer relativamente à calcinação de metais, processo em que ocorre muitas vezes um ganho de massa, o que se deve ao facto de os óxidos serem moléculas mais pesadas do que o metal de partida. Esta discrepância veio a ser explicada admitindo que o *flogisto* não tem massa, por ser uma essência, o que não resolve totalmente o problema, a menos que se considere que o *flogisto* tem uma massa negativa, o que chegou a ser alvitado por Guyton de Morveau (1737-1816). Um dos mais ardentes defensores desta teoria foi Johann Juncker (1679-1759), que enunciou que o *flogisto* tinha a propriedade da levitação, assim como Guillaume-François Rouelle (1703-1770), que divulgou esta teoria em França, e a transmitiu a muitos dos seus alunos, entre os quais Antoine Lavoisier (1743-1794). Curiosamente é

Joseph Priestley (1733-1804) que, ao participar na descoberta do oxigênio, a que chamou *ar deflogisticado*, abre caminho para a queda da *Teoria do Flogisto*, sem nunca a ter abandonado definitivamente, o que lhe valeu o cognome de *Doutor Flogisto* (FIGURA 4), e tendo sido considerado por Georges Cuvier (1769-1832) como o “pai” da química moderna que nunca reconheceu a sua filha. Priestley terá isolado o oxigênio em 1774, ao estudar a decomposição térmica do óxido de mercúrio ($2\text{Hg}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Hg} + \text{O}_2$) e terá efetuado esta experiência em Paris, ao proferir uma conferência, a que assistiu Lavoisier e que terá recebido o pedido de Priestley para continuar esta experimentação.



FIGURA 4. Priestley caricaturado como Doutor Flogisto.

Simultaneamente, o oxigênio foi também descoberto por Carl Scheele (1742-1786) ao estudar as propriedades do óxido de manganês IV. Com esta informação de base, Lavoisier realizou as determinações experimentais quantitativas e foi o primeiro a explicar a existência do oxigênio sem a *Teoria do Flogisto*, num longo caminho em que descobriu o princípio da conservação da massa que refere num tratado publicado em 1789, embora o conceito tenha sido anteriormente referido por Lomonosov, em 1760, ao replicar determinadas experiências de Boyle.

A mudança sazonal da cor da pelagem como modelo de estudo da evolução em contexto escolar.

Inês Miranda*^{‡,†}, Íris Fernandes[#], Tomás Ferreira[#], Erica Martins[#], José Mendonça[#], Francisco Mota[#], Pedro Semblano[#], Maria Silveira[#], Miguel Silveira[#], Margarida Teixeira[#], Maria Vieira[#], Maria Natália Ferreira[#], João Pedro Marques*[‡]

CIBIO | InBIO Laboratório Associado/U. Porto | [†]DB/FC/U. Porto | [‡]BIOPOLIS | CIBIO | [#]ES/Rio Tinto

A mudança sazonal da cor da pelagem é um exemplo de uma característica que permite a adaptação de algumas espécies a locais com variação sazonal das condições ambientais, mas cuja importância pode ser posta em risco face às alterações climáticas. Utilizámos esta característica como modelo de estudo para implementar um projeto de investigação científica em contexto escolar, que visou explorar conceitos na área da Biologia, importantes para o estudo da Evolução. Neste artigo, são apresentados os principais passos do projeto, bem como a contribuição dos estudantes para o mesmo. Os recursos educativos utilizados ao longo do projeto, onde se inclui uma atividade didática que pode ser utilizada noutros contextos educativos, assim como algumas produções dos alunos, podem ser acedidos no [link](#).

A mudança sazonal da cor da pelagem e os desafios das alterações climáticas.

As alterações climáticas são uma das principais causas das perdas de biodiversidade registadas nas últimas décadas. Um dos grandes desafios da investigação científica na atualidade é perceber de que forma as espécies se poderão adaptar face a estas rápidas mudanças. A variação genética pré-existente nas populações naturais poderá ser um dos fatores mais determinantes para a sobrevivência das espécies, em particular a variação genética adaptativa, isto é, a que se encontra associada à determinação de fenótipos favoráveis à sobrevivência em determinadas condições ambientais.

A mudança sazonal da cor é uma característica adaptativa descrita em cerca de 20 espécies de aves e mamíferos e consiste na alternância sazonal da cor do pelo ou penas, de castanho no verão para branco no inverno (FIGURA 1A)). Estas espécies habitam primariamente o hemisfé-

rio norte, onde se incluem regiões com neve sazonal (no inverno), pelo que esta característica permite que os animais se mantenham camuflados ao longo de todo o ano. O fotoperíodo é o principal fator que desencadeia a mudança de cor, embora outros, como a temperatura, possam afetar a sua velocidade. O aquecimento global tem levado a reduções significativas da cobertura de neve, que resultam em períodos de neve mais tardios, mais curtos e de menor extensão geográfica, enquanto o fotoperíodo se mantém constante. Isto faz com que os animais enfrentem períodos de interrupção da camuflagem, em que apresentam uma pelagem branca, quando não existe (ou existe pouca) neve no ambiente (FIGURA 1B)). Espera-se que estas condições tenham impactos significativos na sobrevivência das populações brancas no inverno, devido ao aumento da predisposição para serem predados e consequentes aumentos de mortalidade.

Em muitas destas espécies existe ainda polimorfismo da cor de inverno, isto é, existem dois fenótipos alternativos, observando-se não só populações que mudam de cor para branco, mas também populações que se mantêm castanhas durante todo o ano (FIGURA 1A)). Este polimorfismo é determinado a nível genético e, em diferentes espécies de lebres, doninhas e raposas, já foi possível associar cores de inverno alternativas com mutações em regiões genómicas envolvidas na produção de pigmento. A distribuição geográfica de populações com cores de inverno diferentes é primariamente determinada por gradientes ambientais associados à cobertura de neve, sendo a ocorrência de populações castanhas mais provável em locais de baixa latitude, de menor altitude e/ou mais próximos de zonas costeiras, onde a queda de neve no inverno é mais inconsistente, ou inexistente. A mudança sazonal da cor é, assim, um exemplo claro de uma característica cujo valor adaptativo poderá ser severamente afetado pelas alterações climáticas, mas na qual a existência de variação genética, associada a um polimorfismo fenotípico, poderá ser crucial para garantir a sobrevivência das espécies face ao aquecimento global.

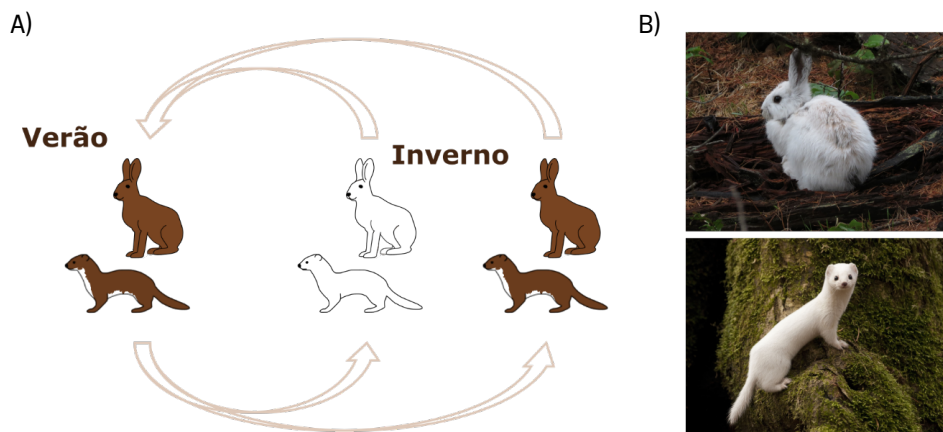


FIGURA 1. Mudança sazonal da cor da pelagem. A) O ciclo da muda de cor, de castanho no verão para branco no inverno, e o polimorfismo associado à cor de inverno. B) Exemplos de uma lebre americana (*Lepus americanus*) e uma doninha-anã (*Mustela nivalis*) em interrupção de camuflagem. Fotografias: Laboratório de investigação de L. Scott Mills; Karol Zub.

Estudar a evolução da mudança sazonal da cor da pelagem na sala de aula.

Na Escola Secundária de Rio Tinto (ESRT), os estudantes do ensino secundário que frequentam a disciplina de Biologia são incentivados a desenvolver um projeto de investigação semestral, em articulação com o *Clube de Ciência Viva na Escola – ESRT (CCVnE – ESRT)*. Este projeto pode ser escolhido de entre um leque de opções apresentadas aos alunos, ou por eles idealizado. No ano letivo 2022/2023, um dos projetos disponíveis debruçou-se sobre o tema da mudança sazonal da cor da pelagem, como resultado de uma parceria entre o centro de investigação CIBIO-InBIO/BIOPOLIS e o Agrupamento de Escolas de Rio Tinto n.º 3 (AERT3). Os objetivos gerais do projeto incluíram:

- Apresentar aos estudantes as etapas de desenvolvimento de um projeto de investigação, desde a conceptualização à divulgação de resultados;
- Utilizar o tema da mudança sazonal da cor da pelagem para explorar conceitos relevantes na área da Biologia, em particular no estudo da evolução, como fenótipo e genótipo, variação fenotípica e genética, mutação, polimorfismo, seleção natural e adaptação;
- Desenvolver competências a nível informático, através do uso de diversas ferramentas ao longo das diferentes tarefas do projeto;

O projeto foi apresentado aos estudantes durante uma atividade prática desenvolvida em novembro de 2022, aberta a todos os interessados (ver secção *Apresentação do projeto*), ao que se seguiu um período para refletirem sobre o seu interesse em participar no mesmo e se inscreverem. As atividades do projeto foram desenvolvidas entre janeiro e maio de 2023, ao longo de 15 sessões semanais, com a duração de 2 a 3 horas cada (ver secção *Desenvolvimento do projeto*). Adicionalmente, os estudantes foram incentivados a realizar trabalho autónomo, sempre que necessário para a conclusão das tarefas.

A investigação desenvolvida intitulou-se “A mudança sazonal da cor da pelagem e as características ambientais que a determinam em espécies de mamíferos”, tendo quatro objetivos específicos:

- Identificar as variáveis (características) ambientais e climáticas com maior impacto na distribuição atual dos dois fenótipos de inverno associados à mudança sazonal da cor da pelagem, em seis espécies de estudo;
- Estimar a distribuição atual dos fenótipos de inverno, ao longo da distribuição geográfica das espécies;
- Utilizar modelos climáticos futuros para prever como a distribuição poderá evoluir face às alterações climáticas;
- Divulgar os resultados obtidos à comunidade escolar.

Apresentação do projeto: atividade prática.

O recrutamento de alunos para participar no trabalho foi feito através do desenvolvimento de uma atividade prática. Esta atividade visou replicar os conceitos e métodos a imple-

mentar no projeto semestral, sem contextualização teórica, *a priori*, do sistema biológico em estudo. Para a sua realização, os estudantes foram divididos em grupos de trabalho de 4 a 5 elementos.

A fase inicial consistiu no desenvolvimento de um desafio (FIGURA 2), onde foram apresentadas instruções para a realização de duas tarefas, em momentos consecutivos. Numa primeira etapa, os estudantes foram incitados a distribuir num mapa da Europa observações possíveis de indivíduos de uma espécie hipotética com dois fenótipos distintos. Os dados disponíveis sobre estas observações hipotéticas incluíam informação sobre o fenótipo do animal, a sua localização (em formato de coordenadas geográficas) e a data em que foi avistado. A informação foi disponibilizada aos estudantes na forma de lista e, usando estes dados, as observações de cada fenótipo foram assinaladas num mapa georreferenciado utilizando ícones de diferentes cores. Na segunda tarefa, os alunos compararam a distribuição dos fenótipos com a distribuição dos valores de diferentes variáveis ambientais e climáticas na mesma região geográfica. Para tal, foram disponibilizados mapas destas variáveis para a Europa. O objetivo consistiu na tentativa de identificação das variáveis ambientais cuja distribuição mais se assemelhava à obtida para os fenótipos.

Concluído o desafio, os estudantes discutiram os resultados obtidos pelos diferentes grupos, avaliando a convergência das suas conclusões e levantando hipóteses sobre o modelo biológico em análise na atividade. Finalmente, seguiu-se uma introdução do tema e objetivos do projeto a desenvolver no semestre seguinte.

Retratos geológicos da Turquia.

Uma união perfeita com o património construído

Luís Vítor Duarte

U. Coimbra, DCT e MARE

A presente viagem começa na imensa Istambul, a outrora, famosa, Bizâncio e Constantinopla. Uma cidade, veja-se bem, que separa dois continentes! Certos da grandeza do lugar e da envolvência que perpassa o mistério e o enigmático, a perspectiva é deixar a Europa, atravessar o Bósforo e conhecer um pouco da extensa península da Anatólia. Uma vez mais, a perspectiva é a leitura geológica das paisagens e de lugares de vulto, mas neste caso com impactos no património construído. Uma geologia, como veremos, de elevado interesse e importância geoturística, mas igualmente complexa, já que, estando na placa euroasiática, a intersecção com as placas litosféricas africana e arábica não está longe, com as suas conseqüentes ramificações tectónicas e estruturais. Entre os lugares e as opções geológicas propostas, e porque todos exibem enormes predicados, para além de Istambul, emergem Ancara, Lago Tuz, Capadócia, Pamukkale e Éfeso (FIGURA 1). Cada local à sua maneira. E que lugares!



FIGURA 1. Localização dos pontos de visita pela Península da Anatólia (Turquia). Imagem do Google Earth.

Tendo como referência visual os opulentos minaretes da Mesquita Azul e da Basílica de Santa Sofia, a colina europeia mais meridional da cidade de Istambul delimita a fronteira entre o Mar de Mármara, contíguo ao Egeu, e o curto Estreito de Bósforo (FIGURA 2). Este, além de ligar o histórico e geologicamente ativo Mediterrâneo ao Mar Negro, desenha a fronteira entre os continentes europeu e asiático.



FIGURA 2. A parte mais meridional do Bósforo, junto ao Mar de Mármara, ilustrando a colina europeia da cidade de Istambul, onde sobressaem a Basílica de Santa Sofia e a Mesquita Azul com os inconfundíveis seis minaretes (lado direito).

Magnífico enquadramento com tantas designações geográficas e, por consequência, histórias geológicas. Neste contexto podemos aproveitar para conhecer um pouco da geologia deste espaço de união de ambientes marinhos que não tem paralelo. Desde logo, explorar o pequeno Mar de Mármara, cuja designação provém da ilha com o mesmo nome, onde ocorrem rochas de origem metamórfica, os “mármore de Mármara”. Rochas ornamentais com nome firmado, que originalmente se terão formado como calcários e dolomitos durante o final do Paleozoico e que, com o tempo — o mesmo é dizer, sob efeitos da pressão e temperatura —, se transformaram nos equivalentes metamórficos, de grande interesse comercial e que dão corpo a imensos registos arqueológicos das mais longínquas civilizações que habitaram o Mediterrâneo oriental. Por outro lado, poderemos também aproximar-nos do vizinho Mar Negro, e examinar um dos ambientes marinhos de salinidade inferior ao normal, onde atualmente se acumula mais matéria orgânica, devido à ausência de oxigénio de grande parte da sua coluna de água. A situação é tão alarmante que, além da anoxia, a ocorrência do composto gasoso e venenoso, apelidado de ácido sulfídrico, em grande parte da massa de água, impede a proliferação de vida marinha. Um mar que tem uma história evolutiva muito recente, abrangendo o Plistocénico e o Holocénico, plasmada em alguns relatos bíblicos — como é o caso do grande Dilúvio e da sua

Arca de Noé. Mas que não é mais do que o resultado das constantes variações climáticas que ocorreram na história mais recente do nosso planeta. Este assunto daria para uma longa e interminável reflexão, tanta a discussão científica em torno deste tema. Mas a ideia é mesmo atravessar o Bósforo, cruzando a fronteira entre a Europa e a Ásia, através de uma das várias obras de engenharia existentes, e chegar à capital da Turquia. Uma viagem que nos leva por uma geologia extraordinariamente variada e complexa, a cobrir uma parte significativa da coluna cronostratigráfica do Fanerozoico mas, para quem não conhece, de difícil discernimento. Com unidades muito compartimentadas no espaço, já que os efeitos da tectónica se multiplicam mais do que o normal.

Já em Ancara, uma cidade cuja ambiência fica a “anos-luz” da antiga e secular capital do império otomano, não nos centramos em qualquer recanto paisagístico de especial relevância geológica. Até porque se existe, não o vislumbramos. Mas essa ausência também é previsível, sabendo que a complexidade geológica se mantém por toda a região. No caso, misturando rochas basálticas de sequências ofiolíticas, de idade cretácica, com sedimentos marinhos típicos de vários ambientes sedimentares. Os efeitos compressivos que fecharam o mar de Tétis e que deram origem ao novo Mediterrâneo estão aí. Perante tamanha confusão geológica, só possível de ser contada por especialistas, resta-nos olhar para o Anitkabir, o mausoléu erguido em honra do fundador do país, Mustafa Atatürk. O principal ex-libris da cidade, que não poderia deixar de ser um vulto arquitetónico de grandiosidade extrema. Ou não estivéssemos em terra de antigos sultões. Neste caso, sinalizado pelo amarelo, berrante, das rochas que constituem o “esqueleto” do monumento (FIGURA 3A)), o travertino (FIGURA 3B)) — e pelas pedras ornamentais de exceção que compõem o seu interior. O travertino faz parte das rochas sedimentares carbonatadas, de origem continental (água doce), exatamente do mesmo tipo das que deram origem à maioria da arquitetura histórica e também contemporânea que prolifera na cidade eterna: a Roma dos romanos, que tem na sua região um subsolo rochoso desta natureza. As mesmas rochas que, embora de expressão espacial muito mais restrita, e sem o mínimo interesse comercial, podemos encontrar junto às ruínas de Conimbriga, em Portugal. Um tipo de rocha com uma textura “menos nobre”, devido à sua enorme porosidade, e a que se dá o nome de tufo calcário. No caso, os conhecidos Tufos de Condeixa. Coisa com expressão geológica muito restrita. Ao invés, tal como na região de Roma, a Turquia é um país onde o travertino — assim como outras litologias carbonatadas —, constitui um importantíssimo recurso geológico, com grande número de pedreiras, ativas, dispersas por grande parte da Anatólia, e que estiveram na base da construção de Anitkabir. E de muitos outros monumentos espalhados pelo país.

Entretanto, é tempo de alcançarmos a Capadócia, um lugar incomparável à escala global. De onde se crê ser originário São Jorge, segundo a lenda, o cavaleiro que terá enfrentado o dragão, padroeiro de “meio mundo” da nossa Terra. Mas antes disso, e porque é digno de registo, atravessa-se o extenso lago Tuz, que quer dizer “salgado”, claro sintoma do clima que aqui reina, favorecido pela morfologia aplanada da região (FIGURA 4).

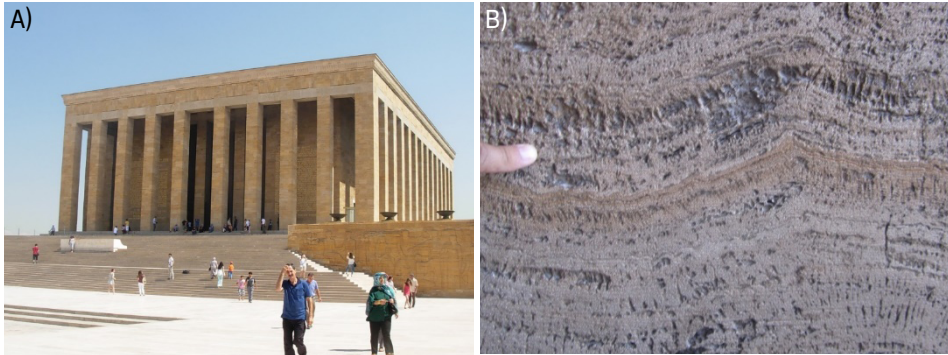


FIGURA 3. A) O Anıtkabir, mausoléu erguido em Ancara, em honra do fundador da Turquia, Mustafa Atatürk. De assinalar o tom amarelado do Memorial, construído essencialmente a partir de travertino. B) Exemplo macroscópico de travertino patente no Anıtkabir. De realçar as suas tradicionais bandas de carbonato bem como a ocorrência de pequenas cavidades que confere alguma porosidade à rocha.

O segundo maior lago da Turquia, a fazer lembrar outras paragens por onde já passámos, como o Chott El D'Jerid na Tunísia e, num caso mais extremo, o próprio Mar Morto. Aqui, pelo centro da Anatólia, o clima e a conjugação litológica, heterogénea, das unidades circundantes, desde os tais ofiolitos da crosta oceânica do antigo mar de Tétis, rochas metamórficas e sedimentares diversas, até litologias de rochas vulcânicas ácidas que iremos examinar na paragem seguinte, ajudam à multiplicidade de elementos químicos, ou melhor, de iões, que se concentram no lago, originando uma multiplicidade de novos minerais em diferentes posições do lago: halite, gesso, aragonite, calcite, dolomite e magnesite. Ou seja, de haloides, sulfatos e carbonatos.



FIGURA 4. O extenso Lago Tuz, no centro da Anatólia. Vasta acumulação (precipitação) de sal, efeito da estação do ano mais seca (verão).

Deixamos então o mar salgado, mas a paisagem semiárida acompanha-nos até chegarmos a Göreme. No centro do Parque Nacional com o mesmo nome. Estamos na Capadócia. Um lugar com características únicas, reconhecida mundialmente, devido às gigantes chaminés de fada, de diferentes estilos e formas (FIGURA 5), e que escondem nos seus subterrâneos um importante património cultural e toda uma vida humana, ancestral e atual. Estas morfologias naturais, que resultaram de fenómenos de meteorização e erosão, bem caprichosos e exemplares, são constituídas por rochas vulcânicas ácidas (dacíticas a riolíticas), daí a sua cor predominantemente clara, onde predominam, entre outras tipologias mais lávicas, rochas de origem piroclástica, como é o caso de ignimbritos (FIGURA 6), e que alternam, de modo recorrente, com sedimentos siliciclásticos e carbonatados de origem continental, fluviolacustres.



FIGURA 5. Uma das tipologias de chaminé de fada mais característica na Capadócia, com a sua base cônica, aqui, em conjuntos isolados.

A origem das rochas ígneas extrusivas terá resultado da intensa atividade vulcânica explosiva subaérea que assolou esta região nos finais do Miocénico e se prolongou pelo Pliocénico, “logo a seguir” ao fecho do Mar de Tétis. Um tempo mais ou menos contemporâneo da génese do sucedâneo Mediterrâneo, como resultado do confronto entre as placas litosféricas Afro-arábicas e a placa Euroasiática. Os agentes erosivos, como a água da chuva e o vento, fizeram todo o trabalho restante, numa paisagem desmesurada que pode ser apreciada através de balão de ar quente, um exercício oneroso, mas indispensável e de análise geomorfológica única, para quem visita estas paragens (FIGURA 7).



FIGURA 6. Aspeto macroscópico de ignimbrito, com partículas de origem vulcânica de diferente tamanho e de cor esbranquiçada (de composição dacítica a riolítica), que domina nas chaminés de fada.



FIGURA 7. Vista aérea da planície junto a Göreme com algumas chaminés de fada isoladas, evidenciando-se claramente, em segundo plano, o contacto entre as unidades litológicas que diferenciam, ainda de modo intacto, as duas componentes principais destas morfologias.

Percorrendo um pouco mais a Anatólia, agora na sua parte sudoeste, chegamos a mais um local geoturístico da maior relevância: as conceituadas termas de Pamukkale, na região

de Denizli, conhecidas pelo menos desde os gregos e dos romanos, que aqui construíram e desenvolveram a sua cidade: Hierápolis, cujas ruínas se encontram contíguas às originais piscinas naturais, onde se formam, em tempo real e desde o Plistocénico, há cerca de 600 mil anos, travertinos e tufos calcários (FIGURA 8A)). Uma coleção de rochas carbonatadas, do mesmo tipo das que dão corpo ao majestoso Anitkabir. A elevada temperatura das águas que emergem à superfície, ricas em bicarbonato e cálcio, potenciam a precipitação de calcário, fatores determinantes na deposição de carbonato de cálcio, essencialmente de calcite. Em Pamukkale, com os seus apregoados “castelos de algodão”, ou seja, com o carbonato a jorrar, segundo o princípio da gravidade (FIGURA 8B)), estamos perante um ótimo exemplo do Princípio do Uniformitarismo, capaz de fundamentar a gênese das rochas que afloram em Roma e na nossa Conimbriga. Todo este enquadramento litológico observado em Denizli é favorecido pela tectónica e pela intensa atividade sísmica, efeito constatado historicamente na própria antiga cidade de Hierápolis, com hipocentros reconhecidos a poucos quilómetros da superfície da crosta.

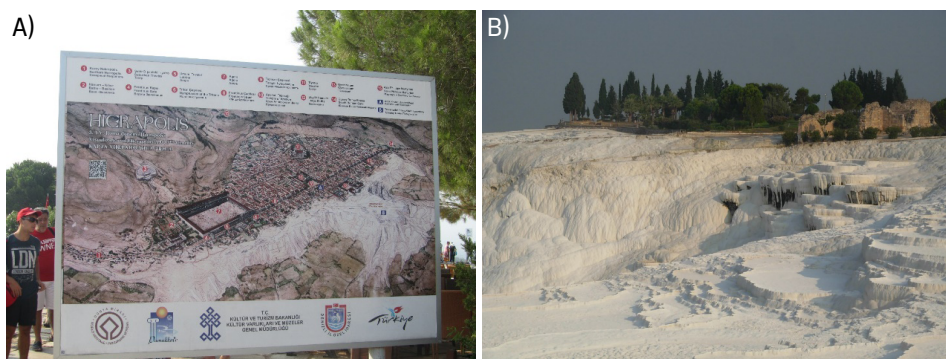


FIGURA 8. A) Um dos vários painéis ilustrativos do património natural e construído de Pamukkale, onde se vislumbra a imensidão das ruínas de Hierápolis em contacto com o manto branco de travertinos. B) Socalcos (piscinais naturais) de precipitação carbonatada em Pamukkale, ladeados pelo “castelo de algodão”, tradução do original turco. Em cima, uma das extremidades da cidade de Hierápolis. Onde, tal como o esperado, domina o travertino, também na construção.

Bom, está à vista a preferência que os romanos tinham por espaços com travertinos. Sendo de Roma, dados a banhos e a águas termais, talvez os primeiros grandes conhecedores destas rochas e da sua gênese hidrotermal. De tanto património geológico e construído sentido e visitado, quem não quiser ficar por aqui, pode aventurar-se, por exemplo, até às ruínas greco-romanas de Éfeso (FIGURA 9). Outro lugar sem igual, agora na província de Esmirna.

Seguindo os exemplos da Capadócia e de Pamukkale, a antiga cidade de Éfeso tem a chancela da UNESCO, sendo reconhecida como Património da Humanidade. Ao que dizem os relatos, terá sido a segunda cidade mais importante do Império Romano. Facto de que não será estranha a sua localização preferencial junto ao Mar Egeu, e com um enquadramento geológico e geomorfológico tão favorável.

Entrada para onde?

in.casadasciencias.org/banco-imagens

Porquê selecionar uma foto tão banal de uma entrada para uma gruta numa escarpa rochosa?

O que é surpreendente é que a foto foi tirada, em 2022, pela câmara MAST do Curiosity rover da NASA em... Marte!

Prova de presença humana, ou de marcianos, em Marte? Que prenda para os adeptos das teorias da conspiração. A “porta” tem menos de 1 metro de altura, sugerindo que os marcianos são do tipo *hobbit*. Na internet até foi sugerido que se tratava do túmulo espacial de Cristo! Contudo, os geólogos especializados em Marte, após uma análise detalhada da imagem, estão certos que se trata de uma formação natural causada por erosão.

Cuidado com as aparências, parece ser a lição a tirar desta curiosa imagem. Como se isso fosse alguma novidade para quem lida com ciência!

Fonte: Tom Metcalfe, [Live Science](#).

Crédito da imagem: [NASA/JPL-Caltech/MSSS](#).

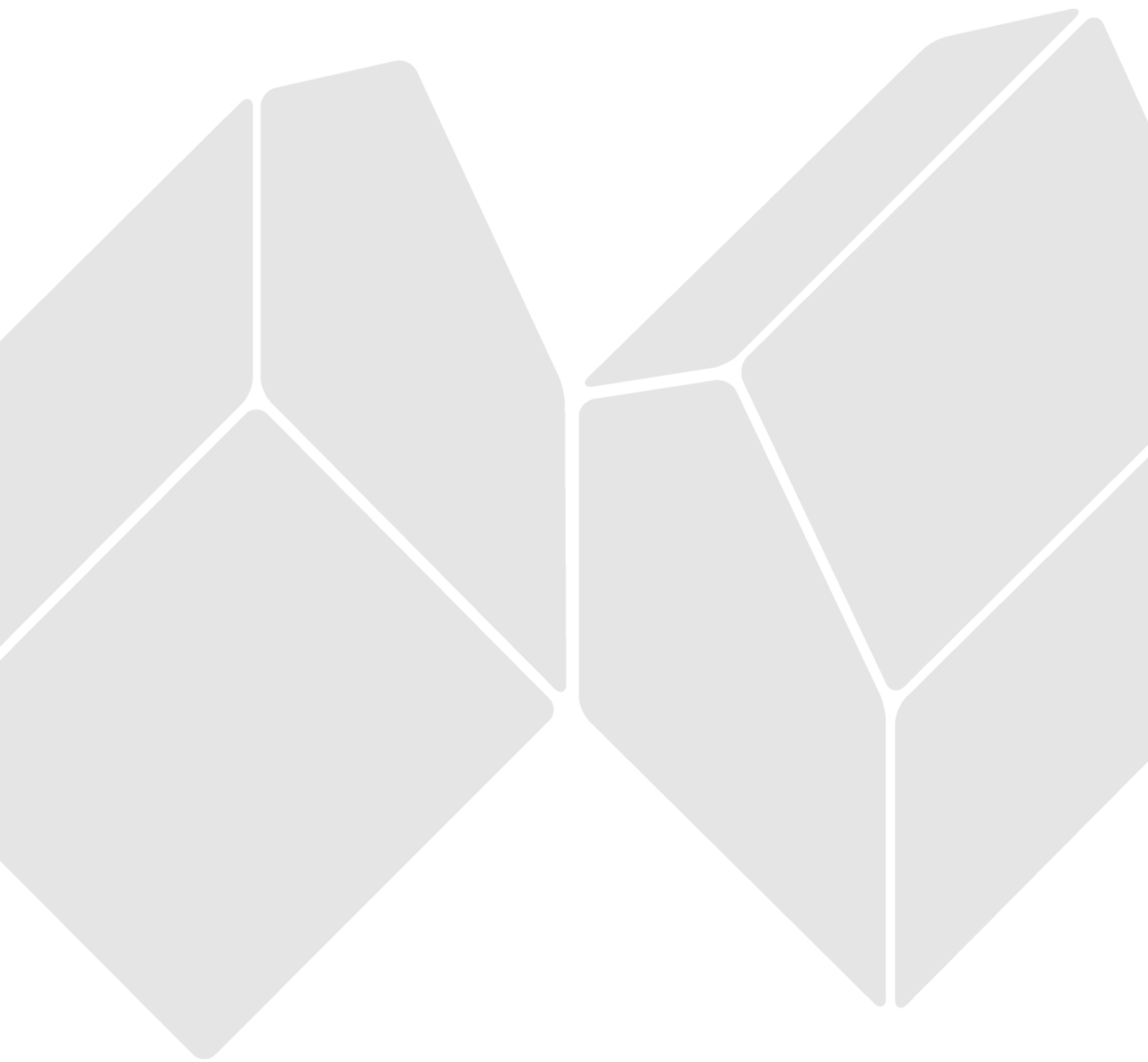
Analogias!

Sem recurso a legenda e a uma escala, os olhos de geólogo diriam que esta imagem retrataria um afloramento de rocha siliciclástica, arenosa, dominado por estratificação entrecruzada, uma estrutura típica, por exemplo, de ambientes sedimentares eólicos e fluviais. Esta leitura, associada a uma paisagem, tão seca e inóspita, com uma abertura tão perfeita e alinhada, poderia fazer lembrar, por exemplo, qualquer esquina da cidade de Petra, na [Jordânia](#), de construção nabateia. Sendo uma imagem de Marte, e com os relatos científicos mais recentes, a interpretação geológica ainda faz mais sentido. Quanto ao orifício, entre uma ilusão de ótica e o resultado de um fenómeno erosivo, demasiadamente perfeito, é como dizia há 10 anos, em tom de remate, numa crónica sobre a [Geologia do Futuro](#): *Como urge o homem (geólogo) ir a Marte!*

Luís Vítor Duarte
U. Coimbra, DCT e MARE

J. M. B. Lopes dos Santos
Universidade do Porto





CASA DAS CIÊNCIAS
EDULOG · FUNDAÇÃO BELMIRO DE AZEVEDO