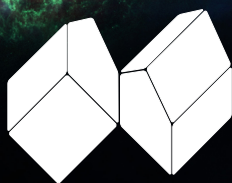


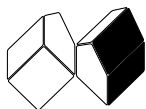
MARÇO 2019

# V7/01

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR. CASA DAS CIÊNCIAS



# REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



## FICHA TÉCNICA

*Rev. Ciência Elem.*, V7(01)

**Publicação trimestral  
da Casa das Ciências**

ISSN 2183-9697 (versão impressa)

ISSN 2183-1270 (versão online)

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

DEPÓSITO LEGAL

425200/17

COORDENAÇÃO EDITORIAL

**Alexandra Coelho**

DESIGN

**Rui Mendonça**

PAGINAÇÃO

**Pedro Freitas**

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM

**3400 exemplares**

IMAGEM NA CAPA

**Nebulosa do Caranguejo**

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

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



## PROPRIETÁRIO

Casa das Ciências/ICETA

Faculdade de Ciências,

Universidade do Porto

Rua do Campo Alegre, 687

4169-007 Porto

[rce@casadasciencias.org](mailto:rce@casadasciencias.org)

## CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

### EDITOR

José Ferreira Gomes (UNIVERSIDADE DO PORTO)

### EDITOR CONVIDADO

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

### CONSELHO EDITORIAL

João Lopes dos Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Luís Vítor Duarte (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

Maria João Ramos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Paulo Fonseca (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

### PRODUÇÃO E SECRETARIADO

Pedro Freitas

Alexandra Coelho

Guilherme Monteiro

### NORMAS DE PUBLICAÇÃO NA RCE

A Revista de Ciência Elementar dirige-se a um público alargado de professores do ensino básico e secundário, aos estudantes de todos os níveis de ensino e a todos aqueles que se interessam pela Ciência. Discutirá conceitos numa linguagem elementar, mas sempre com um rigor superior.

### INFORMAÇÃO PARA AUTORES E REVISORES

Convidam-se todos os professores e investigadores a apresentarem os conceitos básicos do seu labor diário numa linguagem que a generalidade da população possa ler e compreender.

Para mais informação sobre o processo de submissão de artigos, consulte a página da revista em [rce.casadasciencias.org](http://rce.casadasciencias.org)



MARÇO 2019

# V7/01

## ÍNDICE

- 02 AGENDA
- 03 NOTÍCIAS
- EDITORIAL
- 05 **2019 - Ano Internacional da Tabela Periódica**  
Paulo Ribeiro Claro
- BIOGRAFIA
- 07 **Mendeleiev**  
Raquel Gonçalves-Maia
- ARTIGOS
- 11 **O Ouro romano em Valongo**  
Sara Leal, Alexandre Lima
- 14 **Európio nas notas de Euro?**  
Mariela Nolasco
- 17 **O Estanho e as Cassitérides**  
A. M. Galopim de Carvalho
- 20 **Equação de estado de van der Waals**  
Eduardo Lage
- 24 **Parede Celular Vegetal**  
Ricardo da Costa
- 29 **Tectónica de placas testemunhos fitogeográficos**  
Jorge A. R. Paiva, Fernando C. Lopes
- 34 **Número de ouro**  
João Nuno Tavares e Ângela Geraldo
- 36 **Espectroscopia de Difusão Inelástica de Neutrões**  
Pedro Duarte Vaz
- PROJETO DE SUCESSO
- 41 **O crescimento das plantas e dos resultados escolares**  
Francisca Maria Fernandes, Paula Maria Salvado Figueira, Luís Mendonça de Carvalho
- AOS OLHOS DA CIÊNCIA
- 45 **Fogo de artifício**  
Paulo Ribeiro Claro
- IMAGEM EM DESTAQUE
- 48 **Química em *flash***  
Manuel Valente Alves, Helena Passos

10/07  
a 12/07 (2019)

VI Encontro Internacional da Casa das Ciências

O VI Encontro Internacional da Casa das Ciências irá decorrer entre os dias 10 e 12 de julho, nas instalações da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA

[HTTPS://WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/GENCONTROINTERNACIONAL/](https://www.casadasciencias.org/gencontrointernacional/)



24/07  
a 26/07 (2019)

XXVI Encontro Nacional SPQ

Com o mote "A Tabela Periódica", decorrerá na Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, de 24 a 26 de julho.

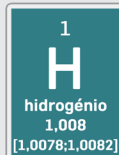
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

[HTTP://XXVIENSPQ.EVENTOS.CHEMISTRY.PT/](http://xxvienspq.eventos.chemistry.pt/)

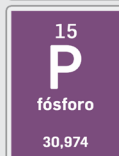
## Ano Internacional da Tabela Periódica



04/04 - Dia dos "Metais"



06/04 - Olimpíadas Junior



30/04 - Dia do Fósforo,  
Noite da Tabela Periódica



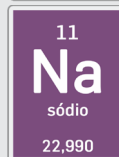
Maio - Mês dos Elementos  
Representativos



15/11 a 16/11 - O Último Elemento  
VIII Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química - Coimbra



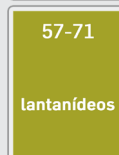
Junho - Adota Um  
Elemento, Chem-R-US



Agosto - Mês do Sol e do  
Mar

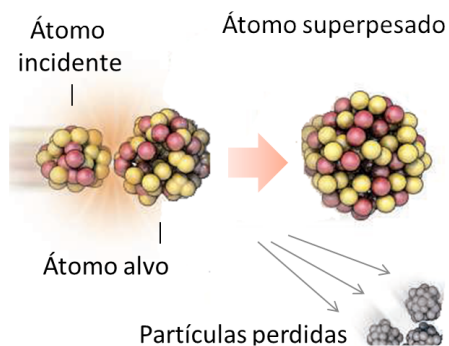


Setembro - Dia dos Novos  
Elementos, Receção aos  
Caloiros



Outubro - Mês das Terras  
Raras

## Em busca de Elementos Superpesados



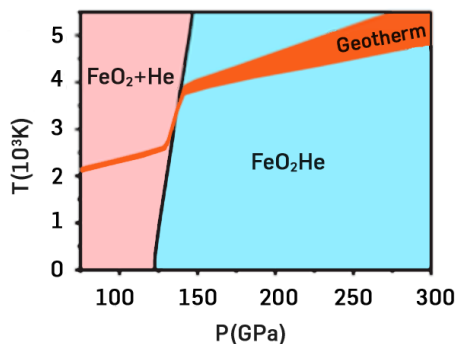
<http://science.sciencemag.org/content/363/6426/466>

O elemento mais pesado encontrado numa quantidade apreciável na natureza é urânio, número atômico 92 (o número atômico refere-se ao número de prótons no núcleo de um átomo). Mas os cientistas já estenderam a tabela periódica até ao número atômico 118 (Oganésson, símbolo Og, cuja síntese foi confirmada em 2015 pela IUPAC e IUPAP).

Agora, no célebre laboratório russo Laboratório Flerov de Reações Nucleares, cujos aceleradores produziram nove novos elementos no último meio século, os cientistas preparam-se para expandir a tabela periódica mais uma vez. Uma instalação de mais de 50 milhões de euros começará a procurar o elemento 119, 120 ou ambos, nesta primavera. Os novos elementos estenderiam a Tabela Periódica – agora com sete períodos completos – até ao oitavo período, para o qual algumas teorias preveem o surgimento de propriedades exóticas. Os elementos nesse período podem até mesmo destruir a própria periodicidade da tabela, porque as propriedades físicas

e químicas podem deixar de se repetir em intervalos regulares. Empurrar ainda mais o oitavo período pode também responder a questões com as quais os cientistas lutam desde os tempos de Dmitri Mendeleiev: Quantos elementos existem? E até onde vai a Tabela Periódica?

## Hélio: no topo da Tabela e nas profundezas da Terra



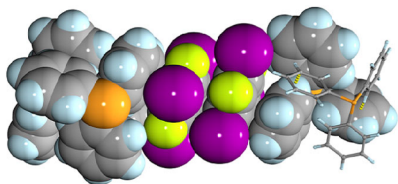
O primeiro composto dos gases nobres, XePtF<sub>6</sub>, foi reportado pela primeira vez por Neil Bartlett em 1962. Seguiram-se outros, mas só nos últimos anos o mais leve dos gases nobres, o hélio, começou a perder sua reputação de “gás efetivamente inerte”. A altas temperatura e pressão, parece capaz de formar ligações relativamente fracas com outros átomos e moléculas. Os átomos de hélio, como outras espécies hidrofóbicas, pode ocupar cavidades em clataratos de água, mas aí forma interações de van der Waals e não ligações químicas genuínas. No entanto, a pressões elevadas, da ordem dos 300 GPa, as moléculas de água parecem capazes de formar ligações com os átomos de hélio, com energia comparável à das ligações de

hidrogénio. Acima dos 4 TPa espera-se que o hélio possa formar compostos com ferro. Os átomos de hélio apresentam apenas um pequeno grau de partilha de eletrões dos átomos de ferro, mas estabilizam o composto através de blindagem eletrostática.

Estes compostos de ferro podem ser a solução de um quebra-cabeças geoquímico: se é verdade que existe dentro da Terra profunda um reservatório de hélio primordial, onde se encontrará? A partir de cálculos de primeiros princípios, foi identificada uma forma cúbica de  $\text{FeO}_2\text{He}$ , um óxido de ferro contendo hélio, estável nas condições de pressão e temperatura comparáveis às do limite núcleo-manto – que os autores apresentam como candidato para reservatório de hélio (DOI: 10.1103/PhysRevLett.121.255703). Depois de décadas a ser vista como uma curiosidade, a química deste gás nobre está agora a provar ser de considerável relevância para a composição dos interiores planetários.

---

## Química Supramolecular no íntimo da Tabela Periódica



Grande parte da investigação recente em química concentrou-se na criação de novos

materiais, manipulando a forma como as moléculas se reconhecem e se unem para construir estruturas mais complexas e auto-organizadas. Por exemplo, os cocrystal baseados em pontes de hidrogénio ou de halogénio têm sido amplamente utilizados pelos cientistas na conceção e produção de novos produtos farmacêuticos aperfeiçoados, polímeros com propriedades aprimoradas, como Kevlar e materiais para uso em eletrónica. Até recentemente, estas interações tinham que incluir invariavelmente pelo menos um átomo de um elemento 'mais leve', encontrado no topo da tabela periódica, como hidrogénio, nitrogénio, oxigénio, flúor, etc.

Mas uma publicação recente na *Nature Communications* (DOI 10.1038/s41467-018-07957-6) fornece a primeira prova experimental e teórica de que é possível formar atrações fortes e estáveis entre alguns dos elementos mais pesados da tabela periódica - como o arsénio (número atómico 33) ou mesmo o antimónio (número atómico 51). Segundo Tomislav Friščić, um dos principais autores do artigo, "além das potenciais aplicações práticas desta descoberta, é um grande avanço na química fundamental. Pela primeira vez, os cientistas demonstraram eventos de reconhecimento molecular baseados apenas em elementos 'mais pesados', localizados nos períodos 4 e 5. Isso é significativamente mais para o fundo da Tabela Periódica do que reportado até agora. É um momento muito emocionante para ser um químico - é como se fôssemos exploradores a aproximarmo-nos do Polo Sul da Tabela Periódica - e quem sabe o que encontraremos lá."

---

# 2019 - Ano Internacional da Tabela Periódica

Este é o primeiro número da Revista de Ciência Elementar do ano de 2019, um ano especial para a comunidade científica. Aproveitando os 150 anos passados sobre a apresentação da Tabela Periódica por Dmitri Mendeleiev, 2019 foi proclamado Ano Internacional da Tabela Periódica pela Assembleia Geral das Nações Unidas/UNESCO.

A Tabela Periódica é reconhecidamente “uma das realizações mais significativas na ciência, capturando a essência não só da química, mas também de física e biologia” ([www.iypt2019.org/](http://www.iypt2019.org/)). Pelas suas características e ampla divulgação, tornou-se também um ícone da ciência – a sua forma mais comum (a forma compacta, que separa o bloco f, ou das “terras raras”) é facilmente reconhecida por uma parte significativa da população. Aliás, na sua resolução 39C/60, a UNESCO salienta que *“a celebração do 150º aniversário da Tabela Periódica dos elementos químicos em 2019 fornece uma oportunidade para destacar a natureza contínua da descoberta científica em diferentes contextos, com especial ênfase na promoção da ciência educação em todos os níveis entre jovens”* ([unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000259915](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000259915)).

E este é o ponto que pretendo salientar aqui. Tal como sucedeu com os anos internacionais da Física (2005), da Astronomia (2009), da Química (2011) e da Luz (2015), o Ano Internacional da Tabela Periódica constitui um excelente pretexto para promover o interesse pela ciência e a cultura científica do cidadão comum. E é também uma enorme oportunidade para dinamizar as atividades das escolas e estimular o interesse pela ciência entre os jovens estudantes.

O desafio é particularmente feito às escolas, às universidades e às sociedades científicas. A Sociedade Portuguesa de Química assumiu a tarefa de promover um conjunto diversificado de atividades em torno do tema – e aqui recomenda-se a consulta da página oficial do Ano Internacional da Tabela Periódica em [www.iypt2019.pt](http://www.iypt2019.pt). No entanto, esta ligação forte à química não é uma ligação exclusiva. Dificilmente se encontrará um tema tão

transversal às Ciências como a Tabela Periódica, um tema em que seja tão fácil envolver a química, a física, a biologia, a geologia, a matemática... E, querendo eu deixar este desafio aos leitores, abracei-o também para este fascículo da Revista: torná-lo um fascículo temático de celebração do Ano Internacional da Tabela Periódica.

A Revista de Ciência Elementar vive dos contributos dos autores (e aproveito para agradecer todos os contributos, bem como o esforço dos autores e dos revisores para responder nos prazos solicitados) e cada fascículo representa de alguma forma o fluxo de textos submetidos para publicação. Os conteúdos deste fascículo não poderiam afastar-se desta linha habitual, com contributos das diversas áreas científicas, submetidos espontaneamente pelos seus autores. Ainda assim, foi possível reunir um conjunto de itens específicos e selecionar alguns textos com alguma ligação à Tabela Periódica e às comemorações do Ano Internacional.

Para imagem de capa escolhi uma fotografia da nebulosa do Caranguejo, disponibilizada pela Agência Espacial Europeia. A nebulosa do Caranguejo é o remanescente de uma supernova – a explosão de uma estrela massiva – observada por astrónomos chineses há 960 anos e remete para a nucleossíntese: são estas explosões cósmicas as responsáveis pela formação de muitos dos elementos de maior número atómico da Tabela Periódica. Além deste Editorial, as secções Notícias e Agenda foram também facilmente orientadas para o tema. A secção de Biografia foi oportunamente preenchida com uma nota histórica sobre Mendeleiev e o desenvolvimento da Tabela Periódica. E por fim, para a secção Imagem em destaque escolhi a fotografia vencedora do concurso Química em Flash, realizado pela Universidade de Aveiro no âmbito das comemorações do Ano Internacional da Química (2015). Pelo meio, nos artigos selecionados, o leitor poderá ainda encontrar ouro, estanho, európio... neutrões a discriminar átomos e átomos a colorir as noites festivas.

Paulo Ribeiro Claro

Editor convidado



---

# Mendeleiev

## Uma página para a eternidade

Raquel Gonçalves-Maia

DQB/ Universidade de Lisboa

Dmitri Mendeleiev, ao escrever o livro de texto “*Os Princípios de Química*”, auxiliar precioso para as suas aulas, imprimiu-lhe um planeamento metodológico. O livro foi publicado em 1869. Numa única página, o mestre esquematizou o seu sistema organizacional. Uma página para a eternidade. Tomou o nome de “Tabela Periódica” e, em permanente renovação, tem vindo a guiar-nos há 150 anos. No entanto, o sistema periódico não foi fruto de uma revolução, antes de um processo de evolução gradual. A diferença reside na dimensão, maturidade e formato explícito do trabalho de Mendeleiev. Dedicou-se à pormenorizada elaboração da Tabela, à defesa do valor da lei periódica e à sua internacionalização; não sem alguns sobressaltos que as terras raras e os gases nobres lhe aportaram.

### No primeiro Congresso de Química – 1860

A Humanidade levou muito tempo a chegar aos Elementos. Entre a Terra, a Água, o Ar e o Fogo de Empédocles, os 12 signos do Zodíaco, os sólidos platónicos e a “quinta-essência” aristotélica, por um lado, e a lista das 33 “substâncias simples” de Antoine Lavoisier (1743-1794), por outro, decorreram muitos séculos; e, mesmo assim, pelo menos duas das “substâncias simples” de Lavoisier não eram materiais, ou melhor, só o eram “potencialmente”: a “luz” e o “calor”. Estamos em 1789.

Depois, a evolução foi bem mais rápida, mas com alguma perturbação pelo caminho. Um caso típico e muito influente é o do “peso atómico”. Seria o “peso atómico” do oxigénio 8 ou 16? Seria a fórmula da água HO ou H<sub>2</sub>O? Ao ácido acético chegaram a ser atribuídas 19 fórmulas diferentes, contadas estas por August Kekulé (1829-1896). Amedeu Avogadro (1776-1856) apresentou a solução em 1811. A conhecida “Hipótese de Avogadro” diz o seguinte: *Volumes iguais de qualquer gás, à mesma temperatura e pressão, contêm o mesmo número de partículas*. Não foi entendido, parecia que um “átomo” podia ter mais do que um átomo.

Os químicos andavam desorientados e pediram um congresso. O primeiro Congresso

de Química teve lugar em Karlsruhe (Alemanha) em 1860. Finalmente, clarificou-se a noção de átomo e a noção de molécula, todos ouviram o jovem químico italiano Stanislao Cannizzaro (1826-1910) explicar a Hipótese de Avogadro. A partir daqui, vai ser possível estabelecer uma tabela credível, e única, de “pesos atômicos” dos elementos.

Em Karlsruhe estavam outros jovens: William Odling (1829-1921), britânico, 31 anos, Julius Lothar Meyer (1830-1895), alemão, 30 anos, e Dmitri Ivanovitch Mendeleiev (1834-1907), russo, 26 anos.

### **Na senda do sistema periódico**

Quem reconheceu pela primeira vez que as propriedades dos elementos químicos podiam ser função dos seus “pesos atômicos” foi o geólogo francês Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois (1820-1886). Em 1862, representou os elementos ao longo de uma espiral inscrita num cilindro – o “parafuso telúrico” (*Tellus* significa terra em latim) – de tal modo que a periodicidade das suas propriedades era visível em elementos colocados em geratrizes do cilindro: Li e Na numa, Mg, Ca, Fe, Sr e Ba noutra, por exemplo; não separava os elementos de transição. Talvez por ser geólogo e não publicar em revistas tradicionalmente de química, não esteve em Karlsruhe e o seu trabalho não foi atempadamente reconhecido.

Em 1863 e anos seguintes, o químico britânico John Newlands (1837-1898) agrupou os elementos numa tabela, atendendo à analogia das suas propriedades e em sucessão dos seus “pesos atômicos”. Foi o primeiro a trocar a posição dos elementos iodo e telúrio e a propor uma lei periódica, com um período de 8 elementos. Chamou-lhe “Lei das Oitavas”. Comparou elementos químicos e notas de música e os químicos insurgiram-se ainda antes de compreenderem a inovação que ele trazia. Newlands não detinha um posto académico, nem estivera em Karlsruhe.

O seu compatriota William Odling, a quem já fizemos referência, era um químico distinto e estivera em Karlsruhe. Ao mesmo tempo, mas de forma porventura independente de Newlands, alinhou os elementos pelo “peso atômico” e reconheceu a periodicidade das propriedades químicas – a repetição ocorria com um período de 16 unidades no “peso atômico”. A distinção entre “átomo” e “molécula” fazia toda a diferença. Nas suas considerações de semelhança, Odling sentiu necessidade de separar alguns elementos – principalmente metais de transição – do conjunto fundamental; de forma implícita, antecipava a existência de subgrupos, o que terá o seu desenvolvimento com Mendeleiev.

Em 1864, o professor alemão Julius Lothar Meyer publicou um livro de texto onde inseriu uma tabela com 28 elementos, alinhados de acordo com o aumento dos seus “pesos atômicos”. Tinham-se passado quatro anos sobre a conferência de Karlsruhe, onde, disse-nos ele, “*todas as minhas dúvidas desapareceram*”. São claras as relações dos

elementos na horizontal. Faltam ainda 5 anos para Mendeleiev fazer o mesmo. Quando, em 1868, Lothar Meyer preparou uma segunda edição do seu livro, expandiu a tabela de forma a incluir mais 24 elementos, novas famílias e entradas para eventuais novos elementos. A tabela não foi então publicada; desconhece-se a razão. Só em 1895, após a morte de Lothar Meyer, um seu colega finalmente a publicou. Tarde demais.



**ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ**

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ

|          |              |            |             |           |          |
|----------|--------------|------------|-------------|-----------|----------|
|          | Tl = 50      | Zr = 90    | ? = 180.    |           |          |
|          | V = 51       | Nb = 94    | Ta = 182    |           |          |
|          | Cr = 52      | Mo = 96    | W = 186.    |           |          |
|          | Mn = 55      | Rh = 104,4 | Pt = 197,4. |           |          |
|          | Fe = 56      | Ru = 104,4 | Ir = 198    |           |          |
|          | Ni = Co = 59 | Pt = 106,6 | Os = 199.   |           |          |
| H = 1    | Cu = 63,4    | Ag = 108   | Hg = 200    |           |          |
| Be = 9,4 | Mg = 24      | Zn = 65,2  | Cd = 112    |           |          |
| B = 11   | Al = 27,4    | ? = 68     | U = 146     | Au = 197? |          |
| C = 12   | Si = 28      | ? = 70     | Sn = 118    |           |          |
| N = 14   | P = 31       | As = 75    | Sb = 122    | Bi = 210? |          |
| O = 16   | S = 32       | Se = 79,4  | Te = 128?   |           |          |
| F = 19   | Cl = 35      | Br = 80    | I = 127     |           |          |
| Li = 7   | Na = 23      | K = 39     | Rb = 85,4   | Cs = 133  | Tl = 204 |
|          |              | Ca = 40    | Sr = 87,6   | Ba = 137  | Pb = 207 |
|          |              | ? = 45     | Ce = 92     |           |          |
|          |              | ?Er = 56   | La = 94     |           |          |
|          |              | ?Yt = 60   | D = 95      |           |          |
|          |              | ?In = 75,6 | Th = 118?   |           |          |

Д. Менделѣевъ

FIGURA 1. Dmitri Mendeleiev e a Tabela Periódica original (1869).

Em março de 1869, Mendeleiev após terminar o seu livro “*Os Princípios de Química*”, onde apresenta a sua primeira Tabela Periódica (FIGURA 1), expôs em sessão da Sociedade Russa de Química, as suas ideias sobre a classificação periódica dos elementos: “*Os elementos, se organizados de acordo com os seus “pesos atômicos”, exibem uma evidente periodicidade de propriedades*”. E continuou, referindo a disposição em acordo com as valências, os elementos cujos “pesos atômicos” estariam erradamente determinados (iodo e telúrio, para os quais inverteu a posição na Tabela, por exemplo) e elementos desconhecidos que “*devemos esperar que sejam descobertos*”; para estes, avançou valores de “peso atômico” e propriedades características.

Ainda em março de 1869, enviou 200 cópias da sua Tabela Periódica, que ele mandara imprimir, para químicos de renome na Rússia e no resto da Europa.

## O sucesso de Mendeleiev

Em 1889 Mendeleiev foi convidado pela *Chemical Society* britânica a fazer uma *Faraday Lecture* em Londres – uma grande honra. Era, então, o incontestável vencedor da aventura denominada “Tabela Periódica”. Na sua persistente luta pela prioridade, deixara todos os adversários para trás. Mas, pergunta-se, o que fez Mendeleiev que os outros não tivessem já feito? A lei periódica pode ser atribuída a Chancourtois; Newlands e Lothar Meyer trocaram a posição de elementos na Tabela antes de Mendeleiev; Lothar Meyer, embora timidamente, fez previsões de elementos por descobrir; Odling e Lothar Meyer também propuseram a separação dos elementos de transição... A diferença reside em que o trabalho de Mendeleiev engloba todos estes aspetos e a sua versão foi, de longe, a que maior impacte teve na comunidade científica, fruto da sua acérrima e criteriosa divulgação; e, sem dúvida, no facto de três elementos “*que antes dela eram inacessíveis à visão química*” terem sido descobertos em tempo de sua vida: o gálio, o germânio e o escândio, que ele denominara eka-alumínio, eka-silício e eka-boro, respetivamente (eka significa “análogo a”). O gálio foi descoberto pelo químico francês Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912), em 1875, o germânio pelo alemão Clemens Alexander Winkler (1838-1904), em 1886, e o escândio pelo sueco Lars Fredrik Nilson (1840-1899), em 1879.

Outros “elementos” cuja existência foi prevista por Mendeleiev nunca foram encontrados. E muitos foram os elementos que vieram a ser descobertos de que ninguém suspeitava a existência. Terras raras em profusão e um novo grupo, os gases nobres ou raros. Onde acomodá-los? Depois de um período de negação e desânimo, veio a sua introdução lógica entre os halogéneos e os alcalinos ou, por outras palavras, numa nova coluna à direita na Tabela. Esta foi a sugestão de Ramsay que Mendeleiev acabou por aceitar respondendo-lhe, em 1902, que essa colocação era uma “*gloriosa confirmação da aplicabilidade geral da lei periódica*”.

É justo reconhecer que Mendeleiev foi mais longe do que os demais. A “essência da prioridade” está subjacente às suas próprias palavras: “*Essa pessoa é justamente considerada como a criadora de uma ideia científica particular que se apercebe não apenas do seu aspeto filosófico, mas do seu aspeto real, e que entende de modo a ilustrar a temática, para que todos se possam convencer da sua verdade. Só então a ideia em si, como matéria, se torna indestrutível*”.

---

# O Ouro romano em Valongo

Sara Leal, Alexandre Lima

DGAOT/ Universidade do Porto

As rochas do anticlinal de Valongo são resultado de uma longa viagem no tempo geológico, sendo possível recuar até cerca de 540 Ma atrás e, seguidamente, percorrer os diferentes períodos geológicos até aos nossos dias. Neste intervalo de tempo muitos acontecimentos geológicos decorreram preponderantes para a formação das mineralizações auríferas da região. Mas o mais relevante foi a instalação de granitos, que funcionaram como uma fonte de calor para a circulação e ascensão de fluidos enriquecidos pelas fraturas nas rochas pré-existentes. Com o seu arrefecimento, estes cristalizaram, formando estruturas mineralizadas em ouro. O rio Ferreira teve um papel importante na formação das rochas mais recentes desta região, formando meandros que deixaram, ao longo da sua evolução, vários terraços fluviais conhecidos por *aluviões*.

A diversidade e complexidade geológica de Portugal concede-lhe uma propensão para a ocorrência de matérias-primas muito importantes para a economia de qualquer país. Não obstante disso, há mais de 2000 anos, essas riquezas já pejavam o nosso território, e, desde cedo, atraíam povos distantes.

Uma das grandes riquezas era o ouro, elemento que movia o Império Romano. Roma assume-se como uma nova potência nos finais do século IV a.C. e o processo expansionista chega à Península Ibérica, onde são ainda visíveis hoje em dia uma imensidão de vestígios da sua passagem. Como herança desta intensa atividade conserva-se ainda hoje em Portugal um património romano de relevância internacional. No que diz respeito à mineração de ouro, Valongo é um exemplo de uma história milenar de trabalhos no território, dando origem a um extenso complexo de mineração romana de ouro.

O ouro era explorado, primeiramente da forma mais simples e menos trabalhosa, aproveitavam aquele que se encontrava nos *aluviões* e *coluviões* (depósitos minerais provenientes da erosão dos depósitos primários).

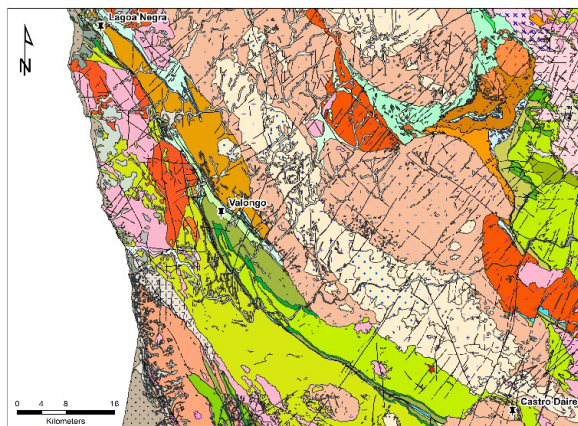


FIGURA 1. Extrato da carta geológica de Portugal, da folha 1, na escala 1:200 000 (Pereira, 1989).

Este material solto, era lavado em bateias, e como o ouro é um material muito denso, ficava retido no fundo das mesmas. Para este tipo de exploração eram necessárias grandes quantidades de água e, para tal, os engenheiros romanos contruíram canais de lavagem para transportar água e ainda alguns reservatórios para reter a água da chuva.



FIGURA 2. A) Canal de lavagem e transporte de água. B) Tanque para acumulação de água. C) Acumulação de inertes provenientes da mineração. D) Concentrado obtido através de bateia (imagem representativa).

Os romanos começaram a explorar as rochas que continham primariamente o ouro, começando com explorações à superfície, fazendo grandes escavações, deixando-nos vestígios como cortas. Quando continuavam as escavações, em profundidade faziam um sistema de poços verticais e galerias de extração e de drenagem que dão acesso a um conjunto de mineração subterrânea de dimensões colossais, mas que, apesar de tudo, ainda não se conhece em todas as suas dimensões.

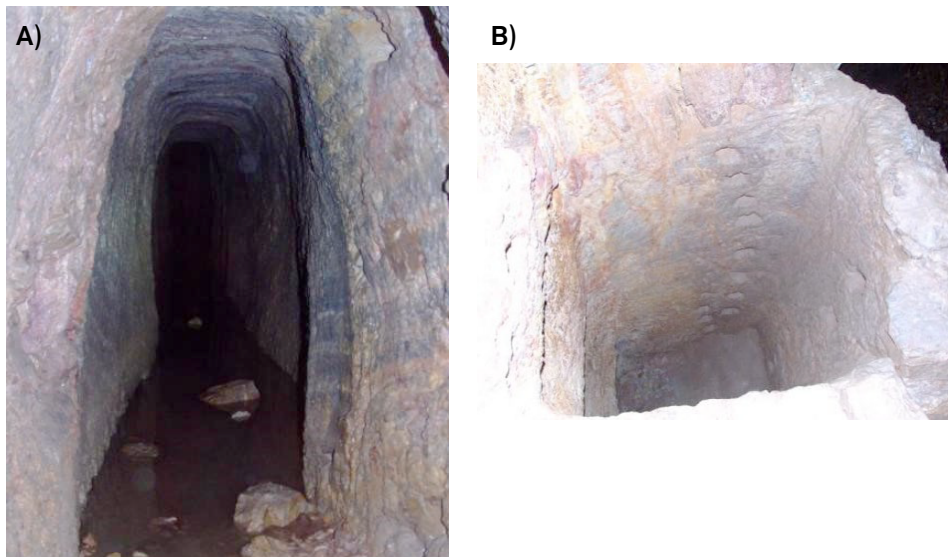


FIGURA 3. A) Galeria G1-Valongo. B) Poço vertical com escadas que permitiam o acesso dos mineiros. Fojo das Valérias (Valongo).

A maior parte destes trabalhos mantiveram-se intactos desde a sua paragem, se bem que em alguns casos foram sujeitos a tentativas de mineração moderna, mas sem grande êxito, devido aos trabalhos de grande precisão e exaustão de recursos feita pelos romanos. São encontrados inúmeros vestígios de mineração do ouro, e não só, também das vivências do dia a dia dos povos aqui instalados.

# Európio nas notas de Euro?

Mariela Nolasco

Universidade de Aveiro

**A segurança das notas de euro contra a falsificação é algo que o Banco Central anuncia com detalhe. No entanto, há elementos de segurança cuja composição não é revelada. Serão matrizes gravadas à mão por mestres artistas? Ou haverá fórmulas secretas para revelar algo escondido? O secretismo estimula a curiosidade dos químicos. Será o európio um elemento químico fundamental para o euro?**

A segurança das notas de euro começa no papel. Uma nota de dinheiro — sujeita, todos os dias, a ser esticada, dobrada, colocada no bolso e principalmente, tirada do bolso a toda a hora— é feita para durar. O papel de uso comum – obtido a partir da celulose de árvores como, por exemplo, o eucalipto – não é suficientemente resistente ao uso intensivo. O papel das notas de euro é também 100% celulose, mas na forma de fibras de algodão – as mesmas fibras usadas para fabricar os tecidos de algodão – que conferem às notas de euro não só a resistência, mas também o toque muito característico.



FIGURA 1. Alguns elementos de segurança das notas de euro: (1) Zonas laterais rugosas. (2) Fita de segurança. (3) Marca de água.



Se o papel é especial, a tinta não o é menos. Fórmulas secretas criam tintas magnéticas e cores que não desbotam com a luz. A química das tintas de impressão das notas é muito exigente: além de serem altamente estáveis – ninguém quer ficar com os dedos sujos de tinta depois de pegar numa nota – têm também características que permitem a impressão de elementos de segurança nas notas: a impressão microscópica, a impressão em relevo e a impressão bicolor, que faz com que a cor mude com o ângulo de visão (FIGURA 1).

Estes são os passos simples para perceber se uma nota é falsa. Sentir o toque do papel, sentir a impressão em relevo, observar as marcas de água e inclinar uma nota para identificar os elementos que aparecem e mudam de cor, são técnicas muito úteis. No entanto, um dos principais elementos de segurança do nosso dinheiro – e que permite um teste muito rápido e seguro – é o efeito de fotoluminescência: sob luz ultravioleta, certos detalhes impressos ganham cor e brilham com luz vermelha, verde e azul (FIGURA 2). E, segundo parece – mas o Banco Central Europeu não confirma, invocando razões de segurança – o elemento responsável pela fotoluminescência das notas de euro é justamente... o európio!



FIGURA 2. Fotoluminescência da nota de 50 euros sob luz ultra-violeta (fonte: wikipedia).

A luminescência de uma substância pode ser definida como sendo um processo de emissão de luz, em condições específicas e sob diferentes causas de excitação.

Na origem da luminescência podem estar reações químicas, sendo assim designada por quimioluminescência. Quem gosta de séries policiais, certamente já viu os investigadores detetarem manchas de sangue usando um composto luminescente chamado luminol. Verifica-se que a reação de oxidação do luminol resulta na emissão de luz e o ferro presente na hemoglobina acelera esta reação, permitindo assim detetar vestígios de sangue. Outra forma muito conhecida de quimioluminescência é a emissão de luz por organismos vivos, como acontece com os pirilampos ou com as medusas (neste caso, designada por bioluminescência (FIGURA 3)).

Quando a emissão de luz resulta da absorção de radiação, o fenómeno é designado por fotoluminescência. Os eletrões dos átomos do material fotoluminescente (inicialmente no seu estado fundamental de energia), ao absorver a energia da luz incidente transitam para

um estado eletrónico excitado, de maior energia. Quando o eletrão regressa ao seu estado fundamental, a energia correspondente é libertada sob a forma de radiação.

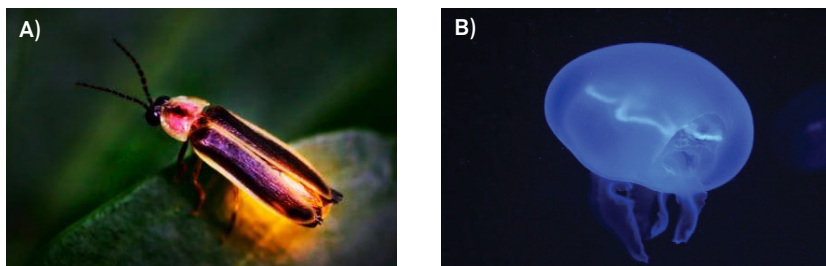


FIGURA 3. Exemplos de bioluminescência: A) pirilampo e B) medusa.

Um dos elementos com a capacidade de absorver radiação na região do ultravioleta e emitir radiação na região do visível é o európio (FIGURA 4). E a cor da luz emitida depende da natureza do composto de európio, ou – dito de forma simplificada – da natureza dos átomos que rodeiam o átomo de európio. Por exemplo, estão bem caracterizados os compostos de európio(III) com beta-dicetonas orgânicas como emissores de luz vermelha, enquanto que a luz azul pode ser obtida com compostos de európio(II) com ligandos criptato. E este é um dos principais argumentos para os que acreditam que o európio faz efetivamente parte da segurança máxima das notas de euro: aparentemente, um dos laboratórios percursos da investigação de compostos de európio com beta-dicetonas foi visitado por técnicos do Banco Central Europeu quando estes procuravam materiais luminescentes com potencial aplicação nas notas de euro. Os técnicos teriam então optado por um sistema de európio porque já estava bem estudado e permitia ajustar as características da luz emitida de forma única através da modelação das beta-dicetonas usadas.

|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Hf      | Ta      | W       | Re      | Rh      | Pd      | Ag      | Cd      | In      | Sn      |
| 178.49  | 182.043 | 183.85  | 186.207 | 188.906 | 192.22  | 197.868 | 207.974 | 208.980 | 226.103 |
| 104     | 105     | 106     | 107     | 108     | 109     | 110     | 111     | 112     | 113     |
| Rf      | Db      | Sg      | Bh      | Hs      | Mt      | Ds      | Rg      | Cn      | Uut     |
| 261     | 262     | 263     | 264     | 265     | 266     | 267     | 268     | 269     | 270     |
| 57      | 58      | 59      | 60      | 61      | 62      | 63      | 64      | 65      | 66      |
| La      | Ce      | Pr      | Nd      | Pm      | Sm      | Eu      | Gd      | Tb      | Dy      |
| 138.905 | 140.116 | 140.908 | 144.242 | 144.913 | 150.36  | 151.964 | 157.25  | 158.925 | 162.50  |
| 89      | 90      | 91      | 92      | 93      | 94      | 95      | 96      | 97      | 98      |
| Ac      | Th      | Pa      | U       | Np      | Pu      | Am      | Cm      | Bk      | Cf      |
| 227.033 | 232.038 | 231.036 | 238.029 | 237.048 | 244.041 | 247.070 | 247.070 | 247.070 | 251.08  |

FIGURA 4. O európio é um elemento natural pertencente à família dos lantanídeos (também designados por “terras-raras”) da tabela periódica e partilha com estes elementos muitas propriedades eletrónicas: a maior parte das aplicações industriais dos lantanídeos baseia-se no facto destes elementos apresentarem propriedades luminescentes – por exemplo, são eles os responsáveis pelas cores primárias que vemos na televisão e nos ecrãs dos computadores.

E assim temos o európio a garantir a segurança das notas de euro... se esta história não é verídica, é pelo menos muito bem contada!

---

# O Estanho e as Cassitérides

A. M. Galopim de Carvalho

Universidade de Lisboa

Representado pelo símbolo Sn, o estanho está situado no grupo 14 da classificação periódica dos elementos químicos, com o número atómico 50 (50 prótons e 50 eletrões) e a massa atómica 118,710 u.

É um metal branco prateado, facilmente maleável, muito usado em baixelas e múltiplos objetos de adorno. À semelhança do chumbo, tem baixo ponto de fusão, sendo, por isso, utilizado em ligas com este metal, como solda (solda macia ou solda branca). Resistente à corrosão, não se oxida facilmente no contacto com o ar, pelo que se usa como revestimento da chapa de ferro, na chamada “folha de Flandres”, a vulgaríssima lata dos enlatados, para conveniente conservação de alimentos.

O estanho (do latim *stannum*) ocorre na natureza, principalmente como cassiterite, o dióxido de estanho, de fórmula  $\text{SnO}_2$ , descrito, em 1832, pelo mineralogista francês, François Sulpice Beudant (1787-1850), que lhe deu este nome com base em *kassiterós*, o nome grego do estanho. Conhece-se cerca de uma dezena de minerais de estanho, mas é a cassiterite o único com valor de minério, isto é, mineral com valor económico e que, portanto, vale a pena procurar e explorar.

Sabemos hoje que a Cornualha foi um dos produtores mundiais de cassiterite, pelo que deve ter sido esta região do sul da grande ilha britânica, que deu origem ao mito das *Cassiterides insulae* ou ilhas do Estanho.

Geralmente opaca, a cassiterite é translúcida quando em pequenos cristais de brilho adamantino ou gorduroso e cor variável entre preto, púrpura e castanho-avermelhada ou amarelada. Ocorre em filões hidrotermais de alta temperatura e pegmatíticos ricos em quartzo, associada a volframite, apatite, arsenopirite e dolomite, entre outros, em relação direta com intrusões graníticas.

Sendo um mineral resistente à meteorização e relativamente duro, concentra-se em

depósitos aluviais de tipo *placer*, os mais usuais na respetiva mineração, como acontece atualmente na Malásia, na Tailândia, na Indonésia e na Rússia. Com ocorrências significativas e em laboração em Portugal, nas minas da Panasqueira (Beira Baixa) e de Neves Corvo (Baixo Alentejo), a cassiterite ocorre nas aluviões da Ribeira da Gaia (afluente do Zêzere), na vizinhança de Belmonte, tendo sido explorada na Antiguidade, pelos romanos, ou mesmo antes, e mais recentemente, entre 1910 e 1940.



FIGURA 1. Mapa da Europa, de acordo com a cosmografia de Estrabão, mostrando as ilhas Cassitérides a noroeste da Península Ibérica.

Em finais do Neolítico, há cerca de 5400 anos, quando a metalurgia do cobre substituiu o afeiçoamento de alguns utensílios de pedra, surgiu, talvez fortuitamente, o bronze, uma liga de estanho e cobre. Com efeito, admite-se que, casualmente, algures no Médio Oriente, se tenha utilizado uma mistura de minérios destes dois elementos. Mais duro do que o cobre e com a mesma ductilidade, o bronze passou então a ser utilizado na produção de punhais, espadas, machados, objetos de adorno e outros. E não mais deixou de ser uma liga importante, com aplicações nos dias de hoje, em especial na escultura e no fabrico de sinos. A partir desse grande passo civilizacional, a cassiterite tornou-se alvo de procura e foi assim que, no século VII a. C., mercadores fenícios vinham à Ibéria e ao sul de Inglaterra (na Cornualha) buscar minério de estanho, uma atividade a que se seguiram gregos, cartagineses e romanos.

Cassitérides foi o nome dado, na Antiguidade, a um lendário arquipélago, imaginado a oeste da Grã-Bretanha, onde os citados mercadores iam buscar o dito minério. Entre os estudiosos antigos que, fantasiosamente, procuraram descrever essas ilhas

destacam-se o historiador grego Heródoto (485? - 420 a.C.), o historiador e geógrafo grego Posidónio (c. 135 a.C - c. 50 a.C.), o historiador grego Diodoro da Sicília (90 a.C.), geógrafo grego Estrabão (c. 63 a.C. - c. 24 d.C.) e o naturalista romano Plínio, o Velho (23 - 79 d. C.).

Cassitérides foram, depois, as ilhas míticas que, até finais do século XV, os cartógrafos acreditavam existirem no Atlântico, a noroeste da Península Ibérica.

# Equação de estado de van der Waals

Eduardo Lage  
Universidade do Porto

A equação de estado de van der Waals para um gás corrige as hipóteses básicas para a validade da equação de estado de um gás ideal, considerando que as partículas (átomos ou moléculas) ocupam um certo volume e que interatuam entre si de forma atrativa ou repulsiva. Daqui resulta uma equação de estado que pode ser interpretada como uma modificação da equação dos gases ideais para corrigir o volume acessível às partículas e corrigir a pressão pelo efeito das interações entre as partículas.

É bem conhecida a equação de estado de um gás ideal, a relação termodinâmica entre a pressão que o gás exerce, o volume que ocupa e a temperatura absoluta a que está submetido:

$$P = \frac{N}{V}kT \quad (1)$$

Aqui,  $N$  é o número de partículas do gás e  $k$  é a constante de Boltzmann:  $k = \frac{R}{N_A}$ , onde  $R$  é a constante dos gases perfeitos e  $N_A$  é o número de Avogadro. Esta equação, apresentada pela primeira vez por Émile Clapeyron, em 1834, integra os resultados empíricos anteriormente obtidos por Charles, Gay-Lussac e Avogadro e é ainda hoje muito usada como uma primeira abordagem no estudo de gases reais. Contudo, ela falha quando a interação entre as partículas (átomos ou moléculas) não puder ser ignorada (FIGURA 1), como acontece para elevadas densidades ou para baixas temperaturas, isto é, quando a distância média entre partículas vizinhas é inferior ao alcance da energia de interação entre elas (da ordem de 4 ou 5 vezes  $R_{min}$ ) ou quando a energia cinética média dessas partículas, determinada pela temperatura absoluta, é comparável com essa mesma energia de interação (da ordem de  $|\varepsilon_{min}|$ ). Esta energia tem, certamente, que ser levada em consideração se quisermos descrever a condensação de um gás real.

Em 1873, Johannes Diderik van der Waals propôs uma nova equação de estado que já incorporava algumas das características da energia de interação.

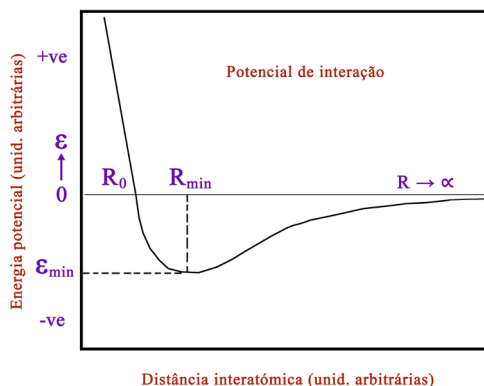


FIGURA 1. Energia de interação típica entre dois átomos ou moléculas.

A primeira correção assenta na observação (FIGURA 1) que existe uma forte repulsão interatômica para distâncias, entre os seus núcleos, inferiores a  $R_0$  que pode, por isso, ser considerado uma estimativa do diâmetro atômico. Quer dizer, cada átomo exclui um volume, que designaremos por  $b \sim \frac{4\pi}{3} R_0^3$ , de modo que as  $N$  partículas movem-se num volume efetivo da ordem de  $V - Nb$ .



FIGURA 2. van der Waals (1837-1923), Prémio Nobel da Física de 1910.

A segunda correção leva em conta a parte atrativa da energia de interação. Na teoria atômica, a pressão  $P$  de um gás ideal resulta das colisões, supostas elásticas, que, em cada segundo, as partículas efetuam com as paredes do recipiente. Ora, existindo aquela parte atrativa na interação, as partículas colidem com as paredes com uma velocidade média menor que no gás ideal porque são travadas pelas que se situam mais no interior. É, assim, de esperar que a pressão  $p$  de um gás real seja inferior à pressão  $P$  do gás ideal, sendo a diferença determinada pelo número de pares de partículas, umas na unidade de volume que irão colidir com a parede, outras na unidade de volume que puxam aquelas para o interior, i.e.,  $p \approx P - n^2 a$ , onde  $n = \frac{N}{V}$  é o número de partículas por unidade de volume; e

$a \sim \varepsilon_{min} R_{min}^3$  deve ser considerada, tal como  $b$ , uma grandeza fenomenológica.

Substituindo estas correções na equação de estado do gás perfeito, obtemos a equação de van der Waals:

$$(p + an^2)(V - Nb) = NkT \quad (2)$$

Esta equação de estado, apesar da sua simplicidade, apresenta um grande progresso em relação à equação dos gases perfeitos. A FIGURA 3 exhibe as isotérmicas para várias temperaturas.

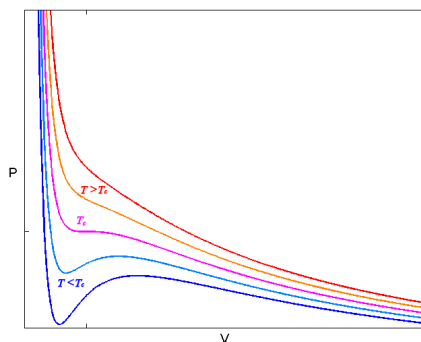


FIGURA 3. Isotérmicas segundo a equação de van der Waals.

Vemos que, para altas temperaturas (conceito que se tornará preciso mais abaixo), as isotérmicas têm a forma hiperbólica como no gás ideal. Mas existe uma temperatura  $T_C$  que apresenta um ponto de inflexão, isto é, são nulas a primeira e a segunda derivadas:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_{T_C, V_C} = \left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_{T_C, V_C} = 0 \quad (3)$$

Usando a equação de estado (2), é fácil encontrar:

$$kT_C = \frac{8a}{27b} \quad V_C = 3Nb \quad p_C = \frac{a}{27b^2} \quad (4)$$

A existência de um tal ponto crítico é bem conhecida em gases reais: acima de uma temperatura crítica  $T_C$ , um gás não condensa, por maior que seja a pressão exercida!

Mas, que se passa abaixo desta temperatura crítica? Num gás real, há separação do fluido em duas fases, uma líquida e a outra vapor, coexistindo às mesmas temperatura e pressão. As isotérmicas de van der Waals não parecem descrever esta situação. Pior: abaixo da temperatura crítica, as isotérmicas apresentam regiões onde  $\frac{\partial p}{\partial V} > 0$ , uma clara violação da estabilidade termodinâmica. Uma solução *ad hoc* deste problema foi apresentada por Maxwell em 1875 e está exibida na FIGURA 4: na isotérmica, a porção *adbec* é substituída pelo segmento horizontal *abc* correspondente a uma pressão ( $P_V$  na figura)



determinada pela exigência de igualdade das áreas sobre  $adb$  (azul) e sob  $bec$  (amarela). Porquê? Porque o trabalho extraído do ciclo  $adbecba$  deve ser nulo, conforme o exige a 2ª lei da Termodinâmica (não é possível obter trabalho a partir de uma fonte a temperatura uniforme), isto é,  $\oint dv p(V,T) = 0$  (integral sobre o ciclo referido) e este resultado não é mais do que a igualdade das áreas referidas. Com esta construção, a isotérmica passa a ter um patamar horizontal em  $P_V$ , ficando determinado o equilíbrio do volume na fase líquida  $V_L$ , de maior densidade, e do volume na fase de vapor  $V_G$ .

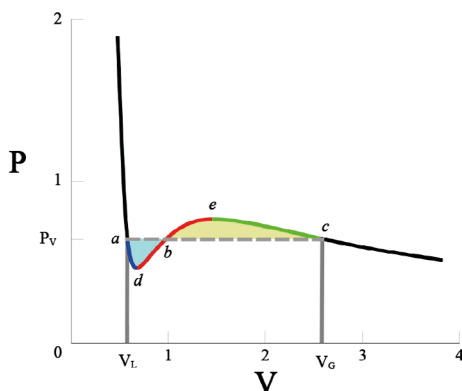


FIGURA 4. A construção de Maxwell, corrigindo as isotérmicas de van der Waals.

Adicionalmente, ficam, também, definidos os limites de estabilidade da fase líquida (ponto  $d$ , na figura), correspondente a sobreaquecimento, e da fase de vapor (ponto  $e$ ), correspondente a subarrefecimento (no caso, será preferível designa-los por sub-pressão e sobre-pressão, respetivamente).

Regressando à equação de van der Waals, podemos escrevê-la sob forma adimensional, o que elimina qualquer referência às constantes  $a$  e  $b$ . Para tal, definimos  $V' \equiv \frac{V}{V_C}, p' \equiv \frac{p}{p_C}$  e  $T' \equiv \frac{T}{T_C}$ , obtendo-se:

$$p' = \frac{8T'}{3V' - 1} - \frac{3}{V'^2} \quad (5)$$

Esta expressão é conhecida por lei dos estados de van der Waals correspondentes e ela sugere que um comportamento universal para todos os fluidos pode ser obtido representando adimensionalmente as variáveis de estado, recorrendo aos seus valores no ponto crítico, um resultado que transcende a própria equação de van der Waals e sobrevive na moderna teoria das transições de fase.

Mas também mostra uma outra limitação daquela equação de estado porque admite pressões negativas se  $T' < \frac{27}{32}$ . Apesar disso, a equação de van der Waals não tem apenas valor histórico: ela representa um real progresso em relação à equação dos gases perfeitos e mostra claramente que é possível tratar transições de fase dentro dos princípios da Termodinâmica.

---

# Parede Celular Vegetal

Ricardo da Costa  
CEF/DCV/ Universidade de Coimbra

A parede celular é a camada mais externa de uma célula vegetal, é o que dá forma às células e, frequentemente, a única estrutura que permanece depois da morte celular. A parede também é a base para muitas funções vitais das plantas, tais como fornecer suporte e resistência à pressão de turgescência interna, formação de barreiras defensivas (contra agentes patogénicos, desidratação e outros fatores ambientais), mediação de interações intercelulares, fonte de moléculas de sinalização, controle da taxa e direção do crescimento vegetal, regulação da difusão através do apoplasto; e armazenamento de carboidratos estruturais complexos. Consequentemente, a estrutura e/ou composição das paredes celulares das plantas podem variar de acordo com as funções ou requisitos específicos de diferentes tecidos e estádios de desenvolvimento, mas também entre diferentes espécies de plantas ou mesmo génotipos.

Todas as paredes celulares vegetais são constituídas por três polímeros fundamentais (celulose, hemiceluloses e lenhina), bem como de outros componentes menos abundantes, tais como pectinas, proteínas e ácidos hidroxicinâmicos. Todos esses componentes estão interligados através de ligações covalentes e/ou não-covalentes, formando uma intrincada rede, que fornece suporte estrutural à planta e restringe a acessibilidade de enzimas exógenas aos polissacarídeos de parede.

À medida que a célula vegetal cresce, é depositada uma fina parede celular primária, principalmente constituída por celulose, hemiceluloses e pectinas. Nas dicotiledóneas, essas três classes representam percentagens semelhantes da parede celular: 15% – 30% de celulose, 20% – 25% de hemiceluloses, e 20% – 35% de pectina. No entanto, em monocotiledóneas comelinídeas (*e.g.*: gramíneas, juncos e gengibre), a parede primária tipicamente contém maiores percentagens de celulose e baixos níveis de pectinas e de proteínas estruturais. As paredes das comelinídeas são ainda caracterizadas por possuírem glucanos de ligação mista (MLG, *mixed linkage glucano* na designação inglesa); (1→3, 1→4)-β-glucano.

Estes polissacarídeos de glucose são bastante incomuns e, para além das comelinídeas, os MLG só voltam a ser encontrados num género filogeneticamente distante de plantas primitivas (género *Equisetum*). Estas características composicionais e estruturais taxonomicamente restritas levaram à classificação da parede primária das angiospérmicas em duas classes distintas:

- Parede celular de Tipo-I, que é característica das dicotiledóneas e das monocotiledóneas não-comelinídeas;
- Parede celular de Tipo II, encontrado apenas em comelinídeas.

Em ambos os tipos de parede celular as cadeias de celulose são idênticas. Porém, a forma como estas interagem com outros compostos da parede é distinta. No Tipo I existem maiores quantidades de xiloglucano do que no Tipo II. Este polissacarídeo, que apresenta uma cadeia principal de glucose ligada com ramificações regulares com xilose é o principal responsável pela integração da celulose com outros polímeros de paredes do Tipo I. No entanto, pensa-se que no Tipo II o papel do xiloglucano seja menos relevante e que as microfibrilas de celulose estejam rodeadas, principalmente, por arabinoxilano. Este último polímero de xilose ornamentado por arabinose substitui funcionalmente não só o xiloglucano, mas também as pectinas, que são bastante mais abundantes em paredes primárias de Tipo I.

Uma parede primária é definida como contendo microfibrilas de celulose que são depositadas durante a expansão celular. A deposição de celulose na parede primária cessa aquando do fim da expansão celular, mas a composição e propriedades mecânicas da parede continuam a mudar, uma vez que em certos tipos de células a parede pode ser impregnada com outros componentes. Por vezes, paredes primárias são também impregnadas com lenhina. Todavia, mesmo nestas situações, a parede continua a ser designada como primária, visto ter sido a primeira camada a ser depositada. Uma parede celular secundária é aquela cujas microfibrilas de celulose são depositadas depois de a célula perder a capacidade para expandir. Grande parte da lenhificação ocorre durante a deposição da parede celular secundária, internamente à parede primária. As células de tecidos vasculares, que não possuem protoplastos quando maduras, possuem grandes quantidades de parede secundária e são frequentemente, mas nem sempre, muito lenhificadas.

### **Carboidratos**

Na maturidade, as paredes celulares secundárias de materiais lenhino-celulósicos representam a maior parte da biomassa. Estas paredes contêm também celulose, hemiceluloses e pectinas, que são qualitativa e quantitativamente diferentes das de paredes primárias. Em paredes secundárias, a celulose é depositada de um modo mais denso e ordenado

que em paredes primárias. No entanto, em ambos os casos, ela é composta por um polímero de glucose (Glc) pura, que é extremamente resistente à degradação química graças à natureza cristalina das suas cadeias microfibrilares de (1→4)-β-glucano.

Ligados à celulose estão polissacarídeos hemicelulósicos, que em paredes de Tipo I são predominantemente xiloglucano, enquanto no Tipo II são principalmente os xilanos. Os xilanos são mais complexos do que a celulose, uma vez que consistem em heteropolímeros de (1→4)-β-xilano, frequentemente acetilados e/ou ornamentados com unidades de arabinose (Ara) e ácido glucurónico (GlcA), unidos a resíduos de xilose (Xyl) do esqueleto da cadeia; daí as designações arabinoxilano (AX) e glucuronoarabinoxilano (GAX). No entanto, em paredes secundárias de elementos traqueais (células condutoras do xilema (FIGURA 1)), os substituintes de arabinosilo estão em grande parte ausentes, e GlcA ou 4-O-metil-GlcA (MeGlcA) são os substituintes predominantes. Pontes de hidrogénio entre celulose e xilanos são geralmente menos eficientes do que com xiloglucanos (XG) ou com MLG. O XG é muito menos abundante em paredes do Tipo II do que de Tipo I. Além disso, apesar da presença em ambos os tipos de parede celular de um esqueleto de XG semelhante (1→4)-β-Glc frequentemente substituído por resíduos Xyl, as proporções entre unidades são diferentes, resultando em xiloglucanos mais pobres em Xyl em paredes celulares de tipo II.

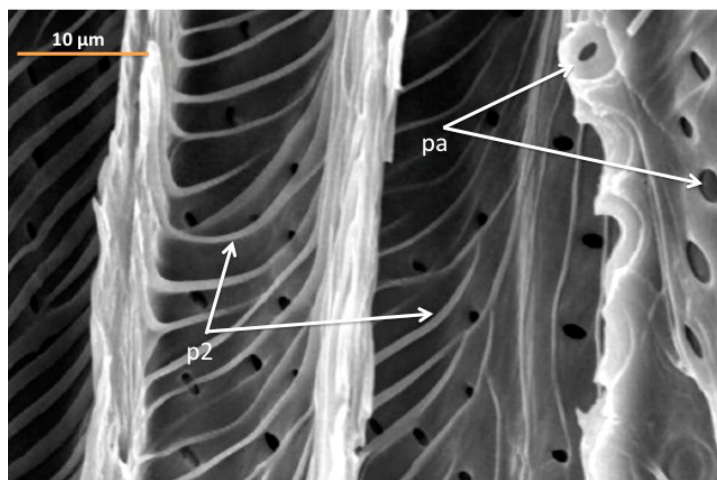


FIGURA 1. Observação no microscópio eletrônico de varrimento de uma secção longitudinal de células xilémicas (face interna) do caule de *Ailanthus altissima*. Na figura são visíveis espessamentos da parede secundária (p2) em forma de anel e pontuações areoladas (pa) que permitem a comunicação entre células adjacentes.

Por outro lado, quantidades significativas de MLG ocorrem nas paredes celulares do Tipo II e são funcionalmente análogas ao XG de paredes de Tipo I, uma vez que são especialmente abundantes durante períodos de rápida expansão celular, firmemente ligados por pontes de hidrogénio à celulose. Por este motivo pensa-se que a sua função está relacionada com a manutenção da coesão das microfibrilas de celulose na estrutura da parede.

O MLG é um polímero não ramificado de glicose, mas a sua ligação mista efetivamente resulta em domínios distintos dentro da molécula: ...G3G4G4G3G4G4G4G3G4G4G3G4G4G3G..., onde G designa  $\beta$ -Glc e os números 3 e 4 representam ligações (1 $\rightarrow$ 3) e (1 $\rightarrow$ 4), respetivamente. Os domínios n=3 (DP3, G4G4G4G) são geralmente mais abundantes do que os domínios n=4 (DP4, G4G4G4G), todavia as proporções podem variar. Certas propriedades físicas dos MLG, tal como a solubilidade em água, são fortemente influenciadas por essas proporções, uma vez que os glucanos onde a contribuição de DP3 e DP4 são comparáveis têm maior solubilidade do que os glucanos onde qualquer um destes oligómeros é mais abundante. Adicionalmente, ocorrem também cadeias mais longas de celodextrinas com ligações (1 $\rightarrow$ 4), interrompidas por ligações (1 $\rightarrow$ 3) individuais e serão provavelmente estes domínios, semelhantes à celulose, que mantêm o MLG ligado às microfibrilas de celulose. Outras hemiceluloses, tais como mananos (polímero de manose), também podem ser encontradas em paredes celulares vegetais, particularmente em tecidos epidérmicos, mas são geralmente menos abundantes.

As pectinas são polissacarídeos ricos em  $\alpha$ -galacturonato constituídas essencialmente por três domínios interligados entre si por ligações glicosídicas: homogalacturonano, ramnogalacturonano-I (RG-I) e ramnogalacturonano-II. O homogalacturonano (HG) tipicamente representa a maior fração das pectinas estruturais da parede celular e compreende cadeias não ramificadas de resíduos de  $\alpha$ -GalA, unidos por ligações 1 $\rightarrow$ 4, podendo ou não ser esterificados com grupos metilo. RG-I representa um grupo de polissacarídeos ramificados compostos por uma cadeia base constituída por repetições do dissacarídeo [ $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -GalA-(1 $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -Rha-(1 $\rightarrow$ )] onde a maioria dos resíduos das unidades de ramnose são substituídas em C-4 com cadeias laterais complexas que consistem em resíduos de galactose e arabinose. Algumas dessas cadeias laterais podem permitir que RG-I seja ligado por pontes de hidrogénio à celulose. O RG-II é um polissacarídeo péptico muito complexo, com uma estrutura de pelo menos oito resíduos ligados de (1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -GalA e substituídos por cinco tipos diferentes de cadeias laterais ácidas, que contêm uma variedade de diferentes resíduos de sacarídeos, incluindo alguns exclusivos para RG-II.

As paredes de células vegetais também podem conter galactanos, principalmente na forma de arabinogalactano (AGN), que tipicamente ocorrem como cadeias laterais de pectinas ou associados a proteínas, tais como proteínas de arabinogalactano (AGPs).

Convém, no entanto, salientar que não existe atualmente um consenso absoluto no que toca à forma como os polímeros da parede celular vegetal interagem entre si a nível molecular. Frequentemente, hemiceluloses são descritas como sendo responsáveis pelo revestimento das microfibrilas de celulose. Por outro lado, existem linhas de pesquisa que propõem que os polissacarídeos não celulósicos são adsorvidos apenas numa pequena proporção da superfície das microfibrilas. A visão tradicional da parede celular vegetal aqui descrita encontra-se em constante mudança. Um exemplo disto foi a descoberta re-

lativamente recente dum proteoglicano que contém domínios de pectina e xilano covalentemente ligados entre si.

### **Compostos Fenólicos**

Os fenilpropanóides da parede celular vegetal são tipicamente divididos em dois grupos principais: lenhina e ácidos hidroxicinâmicos. A lenhina é um heteropolímero aromático complexo polimerizado a partir de três monolenhóis derivados da via fenilpropanóide: álcool cumarílico, álcool coniferílico e álcool sinapílico. A incorporação dos monolenhóis na estrutura da lenhina ocorre na forma das unidades p-hidroxifenilo (H), seringilo (S) e guaiacilo (G). A adição destas unidades poliméricas pode variar entre diferentes tipos de células e entre espécies, produzindo polímeros de lenhina com composição e propriedades bastante variadas.

A abundância de ácidos hidroxicinâmicos pode variar substancialmente entre espécies e os tecidos das plantas. As paredes celulares de tipo II, carateristicamente contêm quantidades maiores de ácidos hidroxicinâmicos em comparação com as paredes de Tipo I. Adicionalmente, as gramíneas com fotossíntese  $C_4$  tendem a ter níveis mais altos desses ácidos fenólicos do que gramíneas  $C_3$ .

O ácido ferúlico (FA) e o ácido *p*-cumárico (*p*CA) são os principais compostos hidroxicinâmicos na parede celular das plantas. Especificamente para moléculas de FA, eles são notáveis por ocorrerem associados a polissacarídeos estruturais, na forma de monómeros, dímeros ou mesmo oligómeros de maior tamanho, ligando cadeias de carboidratos entre si e com lenhina. A adição de FA ocorre mais abundantemente na epiderme, no xilema e no esclerênquima, enquanto que a ocorrência de *p*CA é baixa em epiderme, moderada no esclerênquima e alta em tecidos vasculares e no parênquima medular.

A formação destas malhas interligadas de polímeros tem um forte efeito sobre as propriedades mecânicas da parede celular, tais como aderência e extensibilidade. Consequentemente, *in vivo*, as propriedades conferidas pela presença de ácidos hidroxicinâmicos são de grande importância não só para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, mas também porque é conferida proteção contra enzimas digestivas de herbívoros e ataques patogénicos.

---

# Tectónica de placas testemunhos fitogeográficos

Jorge A. R. Paiva<sup>+</sup>, Fernando C. Lopes<sup>†</sup>

<sup>+</sup>CEF/DCV/ Universidade de Coimbra

<sup>†</sup>CITEUC/OGAUC/DCT/ Universidade de Coimbra

A Terra tem cerca de 4600 milhões de anos (Ma). Esteve sem vida quase 2000 Ma. Neste planeta há vida porque há água e energia, particularmente solar. Por isso, a água (H<sub>2</sub>O) é o composto químico maioritário em qualquer célula viva. Cerca de 60% do corpo humano é água.

Assim se compreende que a vida na Terra se tenha iniciado no seio de água aquecida, o designado “Caldo Quente”. Isto é, água líquida e energia, os princípios fundamentais da vida.

Depois de cerca de 2000 Ma de existência sem vida, começaram a diferenciar-se muitas formas de vida no meio aquático nos 2000 Ma seguintes, até que os seres vivos começaram a ocupar o meio terrestre (nos últimos 500 a 570 Ma), um amplo nicho ecológico até aí desabitado.

A transmigração dos seres vivos do meio aquático para o meio terrestre implicou a necessidade da difusão da água por todo o corpo dos seres pluricelulares, o que foi conseguido através de um líquido (sangue, nos animais; seiva, nas plantas), transportado por vasos (veias e artérias, nos animais; floema e xilema, nas plantas).

Durante a última *Pangaea*, formada pelo encerramento do oceano Rheic, um dos grandes oceanos do Paleozoico, que abriu no início do Ordovícico (488 a 471 Ma), atingiu a sua largura máxima (4000 km) no Silúrico (443 a 416 Ma) e começou a encerrar no início do Devónico (416 a 397 Ma), entre o Carbonífero final (306 a 299 Ma) e o Pérmico inicial (299 a 270 Ma), após colisão do Paleo-Gondwana com a Laurússia, com consequente soerguimento da faixa orogénica Varisco-Alegariano-Ouachita, já havia plantas terrestres vasculares, as Pteridófitas. Estas dominaram durante o Carbonífero (359 a 299 Ma) e

Pérmico (299 a 251 Ma), declinando no Triássico (251 a 201 Ma), com o início da abertura do oceano Atlântico central e do Tétis.

Estas primeiras plantas vasculares eram extremamente simples, constituídas apenas por caules subterrâneos (rizomas) e aéreos, com ramificação primitiva (dicotômica) e esporângios terminais, como mostram os fósseis (Silúrico e Devónico) das espécies de *Aglaophyton*, *Cooxsonia*, *Hornea*, *Rhynia* e *Uskiella*. Como as células vegetais têm parede, fossilizam relativamente bem e, assim, foi possível efetuarem-se preparações anatómicas e identificar os tecidos desses caules fossilizados, como epidermes, parênquimas e tecidos condutores (xilema e floema). Depreendia-se que os caules aéreos teriam de ser clorofilinos (verdes, portanto) e os rizomas, por serem caules subterrâneos, não seriam clorofilinos e absorveriam a água do solo através de rizoides (estruturas histológicas sem tecidos condutores).

Atualmente, existem pteridófitas primitivas, apenas com caules (rizomas com rizoides), caules aéreos clorofilinos, ramificados dicotomicamente e com esporângios caulinares, agrupados em pseudosinângios, já não terminais, como eram os das Pteridófitas do Silúrico e Devónico e protegidos por um pequeno apêndice foliar basilar (não folha, por não ter ainda tecidos vasculares), que se designa, impropriamente, por esporófilo. *Psilotum nudum* e as espécies de *Tmesipteris*, são exemplos de Pteridófitas atuais apenas com caules, sem folhas, nem raízes. O órgão mais primitivo das plantas vasculares é, pois, o caule. As folhas resultaram do achatamento de ramos aéreos e as raízes de ramificações basilares por geotropismo positivo. Portanto, os esporângios começaram por ser terminais (Pteridófitas fósseis), “migraram” para caulinares e “protegidos” por uma bráctea basilar ou apêndice foliar (*Psilotum* e *Tmesipteris*), que, mais tarde, é já uma folha. Assim, os esporófilos (folhas portadoras de esporângios) mais primitivos têm os esporângios na página superior (selaginelas e lycopódios), que, como proteção das águas pluviais, migraram, mais tarde, para a página inferior (exemplo, polipódios e avencas).

As primeiras plantas produtoras de sementes (extraordinária adaptação ao meio terrestre) surgem ainda no Carbonífero (359 a 299 Ma) e predominam durante a abertura do oceano Tétis, que separou a Laurásia do Gondwana, durante o Jurássico (200 a 145 Ma) e Cretácico (145 a 65 Ma), declinando no Terciário, com o encerramento deste oceano. A semente contém uma pequena planta em vida latente [embrião, com uma raiz (radícula), caule (caulículo) e folhas (cotilédones)] e tecidos de reserva, protegidos por uma parede (testa) que evita a perda de água, vital para a sobrevivência do embrião em latência. Assim, já se conseguiu a germinação de sementes de tâmaras com cerca de 2000 anos, de uma estação arqueológica no Monte Masada (Israel). O caroço duro e impermeável do fruto (tâmara) possibilitou a preservação da água vital para a sobrevivência do embrião latente.

Quando surgem as plantas com flores e frutos (adaptação à elevada zoodiversidade existente na altura), as Angiospérmicas (final do Jurássico e do Cretácico), inicia-se a



separação da América do Sul do Continente Africano. Quando as Angiospérmicas se encontravam já em plena expansão (Cretácico -Terciário) dá-se a disjunção da Australásia do extremo Sul da América.

Assim se compreende a distribuição fitogeográfica das *Empetraceae* (atualmente, após estudos de DNA, constituem uma tribo (*Empetreae*) da família *Ericaceae*). Por exemplo, *Empetrum nigrum* ocorre por toda a parte Norte subártica do Continente Euroasiático e Norte-americano, pois estes continentes estiveram unidos até já haver relativa fitodiversidade de Angiospérmicas. A ocorrência de *Empetrum rubrum* no extremo Sul da América do Sul e Ilhas Falkland e Tristão da Cunha resultou do eventual transporte de bagas de *Empetrum nigrum* da região subártica até aquela zona subantártica pela andorinha-do-mar-ártica (*Sterna paradisaea*). Esta ave nidifica durante o verão do Hemisfério Norte, na região subártica, migrando durante o outono, num voo sem paragem (mais de 7000 km), até pousar, finalmente, no extremo Sul do Continente Sul-Americano e ilhas próximas, para aí passar o verão do Hemisfério Sul. Após o isolamento, e consequente ausência de permuta genética com as populações do Norte, *Empetrum nigrum* deu origem a uma espécie diferente, mas muito semelhante (*Empetrum rubrum*). Estas duas espécies diferem, principalmente, por o primeiro ter bagas negras e as do segundo serem vermelhas.

É também compreensível a existência de duas espécies de *Corema* (*Empetraceae*) extremamente semelhantes, no extremo ocidental do Continente Europeu (litoral ocidental da Península Ibérica), a camarinha (*Corema album*, de bagas brancas e comestíveis) e no extremo nordeste do Continente Norte Americano [litoral sudeste do Canadá (Estados do Québec, New Brunswick e Nova Scotia) e nordeste dos Estados Unidos (Estados do Maine, New York, New Jersey e Massachusetts)], a *Corema conradii*, de bagas negras e comestíveis.

Há idênticos testemunhos de distribuição fitogeográfica no Hemisfério Sul, como, por exemplo, a distribuição das espécies de *Azorella* [*Apiaceae* (*Umbelíferas*) de hábito em coxim, característico de plantas de regiões extremamente frias], desde os Andes e ilhas subantárticas até às do Sul da Austrália e Nova Zelândia (FIGURA 1), resultante da separação da placa sul-americana da Australiana.

Há, no entanto, distribuições disjuntas que não têm explicação tão clara, como o caso das espécies de *Araucária*. Há duas espécies na América do Sul (*Araucaria araucana*, no Sul do Chile e Argentina e *Araucaria angustifolia*, no Sul do Brasil) e as restantes espécies na região oriental da Austrália (*Araucaria bidwillii* e *Araucaria cunninghamii*, ocorrendo esta também na Nova-Guiné, onde também existe *Araucaria hunsteinii*), Ilha Norfolk (*Araucaria heterophylla*) e as outras 14 espécies na Nova Caledónia. Se a ocorrência tivesse apenas a ver com a separação das placas Australiana e sul-americana, as espécies de *Araucaria* australianas ocorreriam na região ocidental da Austrália e não no Oriente australiano e nunca na Nova Caledónia, Ilha Norfolk e Nova Guiné. Os testemunhos fósseis

mostram que o género *Araucaria* teve uma ampla distribuição subtropical pelo continente euro-asiático e americano. Com as alterações climáticas extinguiu-se no Hemisfério Norte, permanecendo apenas no Hemisfério Sul.

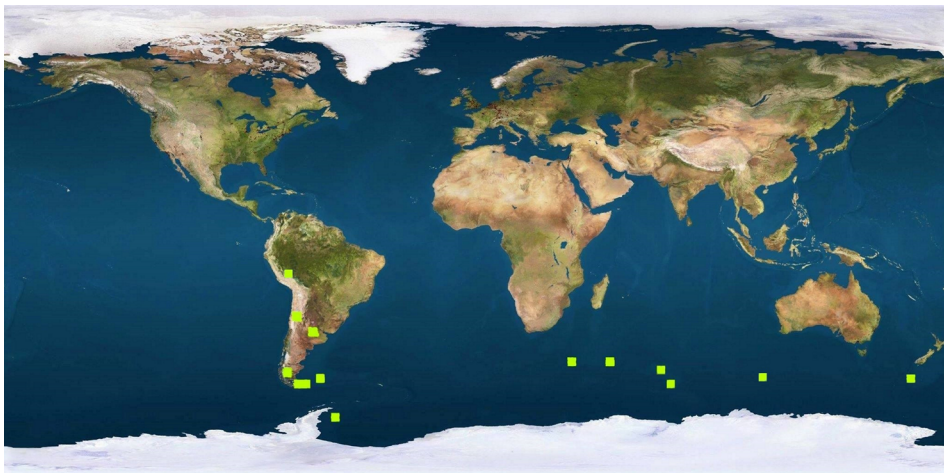


FIGURA 1. Distribuição geográfica de *Azorella*.

Exemplos mais recentes, ilustram semelhanças fitogeográficas de elevações orográficas resultantes da colisão entre placas adjacentes, como acontece, por exemplo, com Timor e Austrália. Timor é uma ilha geologicamente diferente das outras do arco oriental do Arquipélago de Sunda (Arco Insular de Banda), que são de origem vulcânica. Timor resultou da colisão, ainda ativa, da margem continental passiva australiana, localizada a sul, com o Arco de Banda, situado a norte, após a subducção total da placa oceânica situada entre os dois setores, ocorrida no final do Miocénico (116 a 53 Ma). Timor começou a elevar-se, no início do Pliocénico, por dobramentos e empilhamentos de fragmentos distais da placa australiana e do Arco de Banda, com formação de uma depressão a sul da ilha (Mar de Timor, entre a Austrália e Timor). Por isso Timor tem três espécies de eucaliptos (*Eucalyptus alba*, *Eucalyptus orophila* e *Eucalyptus urophylla*), duas delas também nativas da Austrália (*Eucalyptus alba* e *Eucalyptus urophylla*) e uma endémica (*Eucalyptus orophila*).

Outro exemplo é o de uma espécie de *Pterostylis* (Orchidaceae) que colhemos (Jorge Paiva, Paulo Silveira e Ana João Sousa) em Timor, a cerca de 1300 m de altitude, no Monte Perdido, em 2005. O género tem cerca de 120 espécies distribuídas pela Austrália, Nova Zelândia, Nova Guiné, Nova Caledónia e Indonésia. A espécie de Timor é extremamente semelhante à *Pterostylis depauperata* do nordeste da Austrália, da qual difere, entre outros caracteres, fundamentalmente, por ter folhas nitidamente pecioladas e erecto-patentes (em *Pterostylis depauperata* são sésseis e aplicadas ao solo), flores maiores, esverdeado-

-acastanhado-avermelhadas (esverdeado-brancas em *Pterostylis depauperata*) e com os prolongamentos lineares das sépalas medianas mais curtos. Depois de bem estudada, conclui-se que se tratava de uma espécie diferente e endêmica de Timor (*Pterostylis timorensis*) (FIGURA 2), embora semelhante à australiana *Pterostylis depauperata*.



FIGURA 2. *Pterostylis timorensis*.

Por isso, no trabalho em que se descreveu e publicou esta espécie nova, afirmámos: "*The fact that this new species appears to be more closely allied to some Australian species of Pterostylis than to the few Malesian ones, which occur in New Guinea and the Moluccas, provides some support for the theory that the Lesser Sunda Islands, especially Timor, have in the past acted as a bridge between Malesia and Australia*".

Existem muitos mais dados fitogeográficos que ilustram a tectónica de placas, Escolhemos estes por serem exemplos com plantas que observamos *in loco*.

---

# Número de ouro

João Nuno Tavares, Ângela Geraldo

CMUP/ Universidade do Porto

ARTIGO

34

A **secção de ouro** ou **razão de ouro** é uma proporção que surge em várias situações geométricas e aritméticas. A mais simples é a seguinte (Euclides): consideremos um segmento de comprimento  $\ell$  e dividamo-lo em duas partes desiguais - uma maior e outra mais pequena. Esta divisão diz-se que está na razão de ouro (ou na **proporção divina**) quando:

$$\frac{\text{segmento total}}{\text{parte maior}} = \frac{\text{parte maior}}{\text{parte mais pequena}}$$

Se  $x$  representa o comprimento da parte maior, a que é igual  $x$ ?

De acordo com a proporção divina, temos que:

$$\frac{\text{segmento total}}{\text{parte maior}} = \frac{\text{parte maior}}{\text{parte mais pequena}} \iff \frac{\ell}{x} = \frac{x}{\ell - x}$$

e, portanto,  $x$  é solução da equação do 2º grau:

$$x^2 + \ell x - \ell^2 = 0$$

As soluções são, aplicando a fórmula resolvente:

$$x = \frac{\ell, \pm \sqrt{\ell^2 + 4\ell^2}}{2} = \frac{-1 \pm \sqrt{5}}{2} \cdot \ell$$

Sendo  $x$  um comprimento só nos interessa a solução positiva que é:

$$x = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} \cdot \ell$$

## Número de ouro

Se  $\Phi$  representa o valor comum das duas frações que surgem na proporção divina, qual o valor de  $\Phi$ ?

Por definição  $\Phi = \frac{\text{segmento total}}{\text{parte maior}} = \frac{\text{parte maior}}{\text{parte mais pequena}} \iff \frac{\ell}{x}$  e portanto, pelo que vimos no ponto anterior:

$$\Phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1.6180339\dots$$

O número  $\Phi$  chama-se o **número de ouro**.

Como vimos,  $x^2 + \ell x - \ell^2 = 0$ . Dividindo ambos os membros por  $x^2$ , ( $x \neq 0$ ), vemos que  $\Phi$  é a solução positiva da equação em  $X^2 - X - 1 = 0$ . A outra solução é  $\Psi = \frac{1 - \sqrt{5}}{2} = -\frac{1}{\Phi}$ .

Concluindo,  $\Phi$  satisfaz a igualdade  $\Phi^2 - \Phi - 1 = 0$ , logo,  $\Phi^2 = \Phi + 1$  igualdade que desempenha um papel importante em muitas aplicações.

## Como construir geometricamente o número de ouro?

Começamos com um triângulo  $ABC$ , retângulo em  $A$ , com catetos de comprimento 1 e  $1/2$ .

- com centro em  $C$  traçamos uma circunferência de raio  $1/2$ , para determinar o ponto  $X$  no cateto  $BC$ .
- com centro em  $B$  traçamos uma circunferência de raio  $BX$ , para determinar o ponto  $D$  no cateto  $AB$ .

$D$  divide o cateto  $AB$  na proporção de ouro. De facto, pelo teorema de Pitágoras,  $BC = \sqrt{5}/2$  e daí que  $BX = DB = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$ . Portanto  $1/DB = \Phi$ .

Note que  $DB = \frac{1}{\Phi}$  e, portanto,  $AD = 1 - \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{\Phi^2}$ .

---

# Espectroscopia de Difusão Inelástica de Neutrões

Pedro Duarte Vaz

CICECO/ Universidade de Aveiro

A difusão inelástica de neutrões é uma técnica de espectroscopia vibracional em que é medida a interação de um feixe de neutrões (em vez de radiação eletromagnética) com sistemas químicos em fase condensada.

Este tipo de espectroscopia é aplicado ao estudo dos movimentos vibracionais de sistemas em fase condensada, permitindo obter informação sobre a dinâmica dos mesmos. De forma simplista, permite saber como interagem diferentes compostos entre si, ou se um determinado composto químico é amorfo, cristalino, ou apresenta uma mistura de formas.

A espectroscopia de difusão inelástica de neutrões (*INS*, do inglês *inelastic neutron scattering*) é uma forma complementar de espectroscopia vibracional, a par das espectroscopias de infravermelho e de Raman, onde a ideia base é a obtenção do espectro vibracional de um sistema químico, comparando a diferença de energias de um neutrão incidente e outro difundido.

Esta variante da espectroscopia vibracional é especialmente útil no estudo de modos de baixas frequências, sensivelmente no intervalo entre 20 e 2000  $\text{cm}^{-1}$ , embora os espectros sejam medidos até 4000  $\text{cm}^{-1}$  ou mais. Além disso, é bastante sensível a modos vibracionais em que os isótopos  $^1\text{H}$  do hidrogénio (a forma abundante deste elemento) estão envolvidos, por estes possuírem uma elevada secção eficaz de colisão. A FIGURA 1 evidencia a variação das secções eficazes para a interação átomo neutrão para alguns elementos da Tabela Periódica e a comparação com a secção eficaz equivalente para raios-X. Conforme mostra a FIGURA 1, as secções eficazes variam não só entre elementos, mas também entre isótopos de um mesmo elemento.

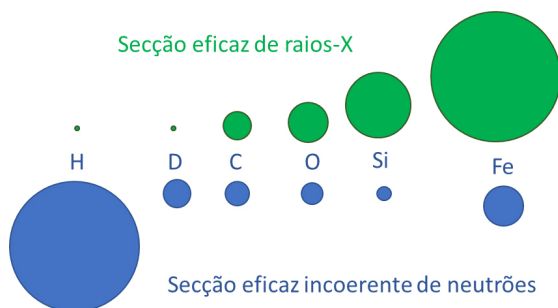


FIGURA 1. Secções eficazes para a interação com nêutrons de alguns elementos da Tabela Periódica ( $D = {}^2\text{H}$ ) e comparação com as homólogas para raios-X.

Nêutrons são entidades subatômicas com características únicas para o estudo de deslocamentos atômicos na matéria condensada, sendo partículas não carregadas, de massa 1.009 u.m.a. ( $1.675 \times 10^{-27}$  kg) contendo, no entanto, um momento magnético. Como os núcleos atômicos representam apenas cerca de 1/1000 do diâmetro atômico, tal significa que os nêutrons interagem fracamente com a matéria e são extremamente penetrantes. A difusão de nêutrons só pode ser descrita recorrendo à mecânica quântica, exibindo os nêutrons propriedades ondulatórias e corpusculares. As propriedades ondulatórias servem para a seleção de energias, enquanto que as corpusculares permitem descrever o processo de difusão. A diferença mais marcante entre a espectroscopia de nêutrons e a de Raman, é que devido ao facto de os nêutrons apresentarem massa, resulta que o processo de difusão é acompanhado de transferências de energia ( $E$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ) e de momento ( $Q$ ,  $\text{\AA}^{-1}$ ), respetivamente, dadas pelas expressões

$$E_T = E_f - E_i \quad (1)$$

e

$$Q = k_f - k_i, \text{ em que } k \equiv \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2)$$

em que os índices  $i$  e  $f$  representam os estados inicial e final,  $k$  o vetor de onda e  $\lambda$  o comprimento de onda do nêutron, estando o processo de difusão inelástica representado na FIGURA 2

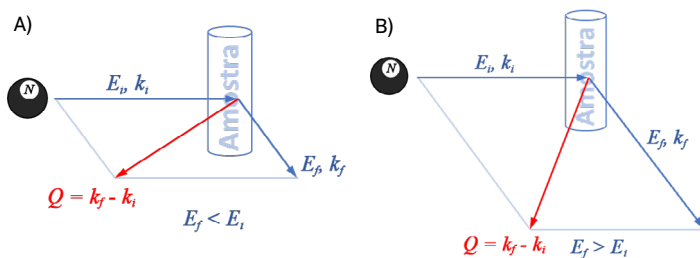


FIGURA 2. Esquema do processo de difusão inelástica em que os nêutrons sofrem perda (A) ou ganho (B) de energia.

De notar que o momento dos neutrões difundidos, descrito pelos vetores de onda  $k_i$  e  $k_f$ , difere em módulo e direção, o que define um processo inelástico.

A espectroscopia Raman é também um processo inelástico e como tal este esquema é igualmente aplicável. A diferença reside na fonte utilizada para provocar a excitação, pois no caso da espectroscopia de Raman são utilizados fótons provenientes de um laser. Devido ao facto de a interação ser feita com fótons, cujo  $Q$  é muito pequeno, a espectroscopia de Raman está sujeita a regras de seleção em que apenas se observam transições com vetor de onda nulo. Em contraste, na espectroscopia INS todos os modos são ativos para qualquer vetor de onda, não estando por isso sujeita a regras de seleção.

Como  $Q$  e  $E$  estão ambos acessíveis, tal faz da espectroscopia INS uma forma de espectroscopia intrinsecamente bidimensional, podendo ser coerente ou incoerente. O espectro de INS é sempre uma mistura de ambas as componentes, estando dependente da relação das secções eficazes de difusão coerente e incoerente dos núcleos difusores.

No entanto na espectroscopia INS a difusão relevante é a incoerente. Neste caso, a intensidade da banda  $i$  do espectro de INS é dada por

$$S(Q, E_i) \approx \frac{1}{3} Q^2 \cdot \sigma_n^{inc} \cdot \exp(-\gamma \cdot Q^2) \cdot \sum_n U_i^2 \quad (3)$$

onde  $\sigma_n^{inc}$  é a secção eficaz incoerente do átomo e  $\gamma$  é uma média do quadrado da amplitude média dos movimentos dos átomos. O termo exponencial é o fator de Debye-Waller,  $U_i^2$ , definido como o quadrado do deslocamento médio do átomo  $n$  no modo  $i$ , sendo a sua magnitude determinada pelo movimento térmico da molécula. Este termo pode ser reduzido através de arrefecimento, razão pela qual os espectros de INS são geralmente medidos a temperaturas abaixo de 30 K. Em moléculas que contêm átomos de hidrogénio, a difusão é dominada pela difusão daqueles núcleos, pois o átomo de hidrogénio (isótopo  $^1\text{H}$ ) tem uma enorme secção eficaz incoerente (FIGURA 1), ao contrário da maioria dos restantes elementos, que apresentam uma pequena secção eficaz incoerente (embora apresentem uma maior secção eficaz coerente).

Para a obtenção de espectros de INS é necessário um requisito essencial – uma fonte de neutrões. Para os gerar, podem utilizar-se dois métodos: a fissão de  $^{235}\text{U}$  num reator nuclear ou um processo de cascata. Este último processo envolve a aceleração de um feixe de prótons até perto da velocidade da luz, provocando em seguida o impacto num alvo constituído por um metal pesado e denso, geralmente urânio empobrecido, tungsténio ou tântalo. Os átomos alvo absorvem os prótons gerando



núcleos altamente excitados, que decaem em parte por evaporação de neutrões. Se os alvos forem de urânio, este sofre fissão aumentando assim o rendimento de neutrões produzidos. Enquanto que num reator cada fissão produz um neutrão, sendo uma fonte contínua, num processo de cascata em que há absorção de protões, formam-se cerca de 30 neutrões por cada protão absorvido, sendo um processo pulsado. Neste último processo, como os neutrões são produzidos por pulsos, significa que são usadas técnicas de “tempo-de-voo”. Como a massa  $m$ , do neutrão e as distâncias,  $d$ , de voo são conhecidas, então num processo de difusão inelástica o tempo de voo total,  $T$ , é determinado pela soma dos tempos de voo incidente (antes da difusão) e final (após a difusão), de acordo com a expressão

$$T = t_i + t_f = \left( \frac{d_i}{\sqrt{m/2 E_i}} \right) + \left( \frac{d_f}{\sqrt{m/2 E_f}} \right) \quad (4)$$

sendo então necessário conhecer a distância entre a fonte e a amostra,  $d_i$ , a distância entre a amostra e o detetor,  $d_f$ , e ainda uma das energias incidente,  $E_i$ , ou final,  $E_f$ , bem como o tempo total de voo,  $T$ . O espectro de INS é a representação gráfica das contagens de neutrões obtidas nos detetores em função da diferença de energias  $E_f - E_i$ . Os instrumentos que fixam a energia incidente são denominados como instrumentos de geometria direta e os que fixam a energia final são conhecidos como instrumentos de geometria indireta.

Este tipo de espectroscopia não está, por razões óbvias, disponível em laboratórios comuns. A utilização de neutrões apenas pode ser realizada em grandes instalações centrais como o *Institut Laue-Langevin* em Grenoble, França, que produz neutrões num reator, e o *ISIS no Rutherford Appleton Laboratory (RAL)* em Chilton no Reino Unido, que usa uma fonte pulsada.

O facto de os elementos químicos (e mesmo entre isótopos do mesmo elemento) apresentarem diferentes secções eficazes entre si é uma vantagem, permitindo variar o contraste e, com isso suprimir/evidenciar seletivamente determinados sinais. A título de exemplo considere-se o caso do tolueno. O espectro de INS da molécula “normal” em que todos os átomos de hidrogénio são isótopos  $^1\text{H}$ , está representado na FIGURA 3.

O tolueno pode ser deuterado (isótopos  $^2\text{H}$ ) seletivamente no anel aromático com a substituição de 5 átomos de hidrogénio. Ambos os espectros mostram claramente diferentes perfis globais, permitindo associar determinadas bandas observadas às diferentes partes da molécula. No caso do composto deuterado sobressaem as bandas associadas às vibrações dos grupos metilo. Esta vantagem permite um estu-

do mais facilitado dos modos vibracionais em moléculas complexas. Na FIGURA 3, é ainda mostrada uma representação pictórica de como as moléculas são "vistas" pelos neutrões evidenciando a grande secção eficaz de colisão dos átomos de  $^1\text{H}$  comparativamente à dos átomos de  $^2\text{H}$  ou de C.

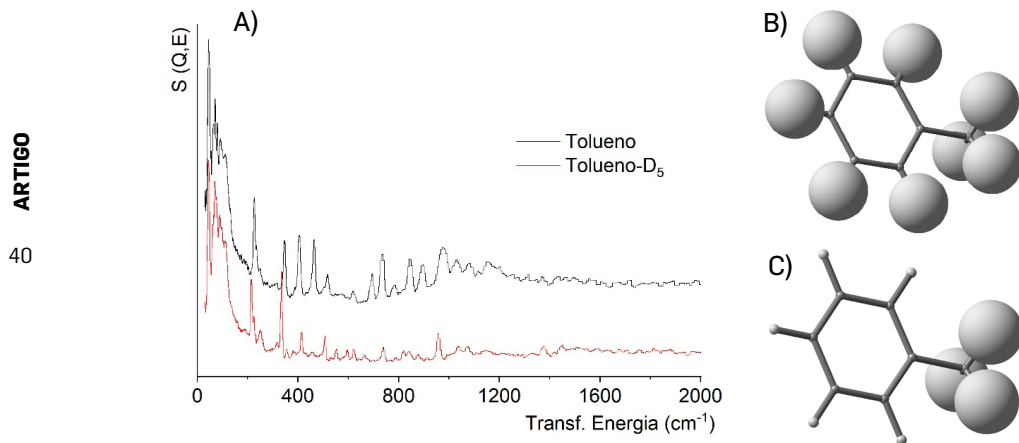


FIGURA 3. Espectros (A) de INS do tolueno e tolueno-D<sub>5</sub>. É também mostrada uma representação pictórica de como as moléculas de tolueno (B) e tolueno-D<sub>5</sub> (C) são "vistas" pelos neutrões, baseada na magnitude das secções eficazes de colisão.

O *ISIS no Rutherford Appleton Laboratory (RAL)* mantém uma base de dados com espectros de INS que é mantida atualizada e de livre acesso.

---

# O crescimento das plantas e dos resultados escolares

Francisca Maria Fernandes<sup>††</sup>,

Paula Maria Salvado Figueira<sup>†</sup>, Luís Mendonça de Carvalho<sup>†</sup>

<sup>†</sup>IHC/FCSH/ Universidade Nova de Lisboa

<sup>††</sup>Escola Secundária Alves Redol, Agrupamento de Escolas Alves Redol

**Alunos do 7.º ano obtiveram resultados escolares excepcionalmente elevados após a realização do projeto - "O Cantinho da ESAR -7.º E". A aprendizagem das Ciências Naturais ocorreu, maioritariamente, no jardim da escola, onde desenvolveram atividades agrícolas, incluindo a germinação de sementes, o transplante e a manutenção de diversas plantas hortícolas e ornamentais, a poda de árvores de fruto, a aplicação de técnicas de agricultura biológica e de proteção integrada.**

Alunos do 7.º ano de escolaridade, do Percurso Curricular Alternativo (PCA), de 15 a 16 anos de idade, obtiveram resultados escolares excepcionalmente elevados após a realização do projeto - "O Cantinho da ESAR -7.º E". Aos alunos do PCA, é dada a possibilidade de aprender os conteúdos programáticos mediante a realização de projetos. São alunos cujo percurso escolar se encontra marcado por diversas retenções, o que, frequentemente se relaciona com a ausência temporária e/ou permanente de saúde - bem-estar físico, mental e social. Perante a obrigatoriedade de permanecerem sentados e confinados à sala de aula os alunos manifestaram comportamentos disruptivos. Os docentes aplicaram múltiplas estratégias pedagógicas sem que a melhoria dos resultados escolares fosse significativa. A resolução do problema iniciou-se no momento em que os alunos apresentaram o projeto ao qual

desejavam dedicar-se. Este consistia em criar galinhas numa gaiola desativada, com 32 m<sup>2</sup>, presente no parque da escola. Da análise do projeto concluiu-se que seria difícil assegurar o bem-estar animal. Posteriormente, os alunos propuseram a criação de uma horta na gaiola. As ferramentas existentes na escola foram disponibilizadas à turma. Os alunos retiraram da gaiola as plantas ruderais e outros materiais. O solo na gaiola, tal como na região, em que a escola se insere, é maioritariamente calcário arenoso e/ou calcário margoso. No entanto, em determinadas áreas do parque da escola, é possível encontrar terra apropriada ao cultivo de plantas hortícolas. Os alunos aprenderam a identificar a terra adequada que removeram, transportaram e depositaram na gaiola, segundo um plano previamente desenhado, com o objetivo de maximizar o espaço e a terra disponíveis. Transplantaram plantas silvestres em flor para a horta “*porque a queria bonita*”. Afixaram na rede uma tabuleta em madeira onde escreveram “Cantinho da ESAR – 7.º E” (FIGURA 1). Nesta fase, verificaram que não tinham diversidade de sementes, alvéolos de germinação, depósito de água, entre outros materiais. Apelaram à comunidade educativa, à junta de freguesia e ao Fórum Estudante (Projeto “Redescobrir a Terra”), do que resultou a dádiva progressiva de: a) sementes, bolbos e plântulas de dezoito espécies, b) terra fértil, c) tabuleiros de germinação e vasos, d) ferramentas e tesoura de poda, e) luvas de jardinagem, f) depósito de água, mangueiras e regadores, g) canas para tutores e para vedações, h) borras de café para fertilizar o solo e para afastarem as lesmas e os caracóis.



FIGURA 1. A) Título do projeto afixado na rede da horta na gaiola. B) Fase inicial da horta na gaiola.

Taxas elevadas de germinação de sementes e de transplantes bem-sucedidos foram razões de regozijo, mas se alguma planta definhava os alunos viviam momentos de perplexidade e de indagação do porquê.

Após algumas semanas, suspenderam vasos nas paredes de rede (FIGURA 2) e, de seguida, criaram mais uma horta - a de fora - e um pomar. Transplantaram para a horta

de fora dezenas de plântulas que não sobreviveram devido aos herbívoros e ao tipo de solo. Contudo, os alunos aprenderam com o erro e beneficiaram do prazer da descoberta.



FIGURA 2. Horta suspensa.

Posteriormente trouxeram terra mais adequada (FIGURA 3), circundaram as plantas transplantadas com borras de café e produziram dois guardiões da horta: o espantalho e o espanta pássaros.



FIGURA 3. A) Fase inicial da horta de fora. B) Fase de maior desenvolvimento da horta de fora.

As plantas e a gratidão para com a comunidade cresceram em simultâneo, tendo os alunos ofertado com frequência os produtos da horta. No terreno destinado ao pomar, vive

há anos um pessegueiro que necessitava de poda.

Mediante pesquisa orientada na *web* estudaram diferentes tipos de poda. Concluíram que a poda de formação da árvore seria a indicada para o pessegueiro, o que realizaram sob supervisão. Para divulgar o projeto criaram o blog (<https://esartrees.blogspot.com/>), elaboraram com elevado entusiasmo o registo fotográfico e integraram a música (*Another Brick In The Wall; Pink Floyd*) no vídeo sobre a evolução da horta. A 25 de maio, a Confederação Nacional de Associações de Pais, com o apoio da LeYa Educação, distinguiu o seu projeto com o Selo da Escola Amiga da Criança – Ideias extraordinárias, 1ª Edição 2017/2018, na categoria *Envolvimento da Família e Comunidade Educativa*. Com a distinção cresceram a autoestima e as ideias, destacando-se a criação de plantas de manjerição para dar, conjuntamente, com uma quadra da sua autoria, à comunidade educativa no dia de Santo António.

No 3.º período, os alunos vivenciaram a escola com alegria e autoconfiança. Revelaram elevada sensibilidade para com as plantas, de que é exemplo, a abertura de orifícios no teto da gaiola para que os girassóis se pudessem desenvolver plenamente. A turma desenvolveu o projeto para o qual estava motivada e para o manter dedicou-se às diferentes temáticas em contexto de sala de aula. As classificações finais foram, na maioria das disciplinas, de níveis superiores. Em julho, a turma criou uma horta no seu bairro, que, na opinião de funcionários da escola e moradores no bairro: era "*uma beleza*". Programas de educação alternativa, projetados para reintegrar os alunos na educação, valorizam a individualização do ensino-aprendizagem, promovem a curiosidade, a criatividade e dão capacidade de decisão aos professores. O "Cantinho da ESAR – 7.º E" é um caso de sucesso da educação alternativa.

# Fogo de artifício

Paulo Ribeiro Claro

CICECO/DQ/ Universidade de Aveiro

Quem não fica deslumbrado com a explosão de cores e formas que ilumina o céu durante um espetáculo de fogo de artifício? O fogo de artifício não é mais do que uma dança sincronizada de elementos químicos que recriam no céu as cores do arco-íris.

O componente fundamental do fogo de artifício é a “concha”, normalmente um tubo de papel cheio com pólvora negra e pequenos globos de material explosivo chamados “estrelas” (FIGURA 1).

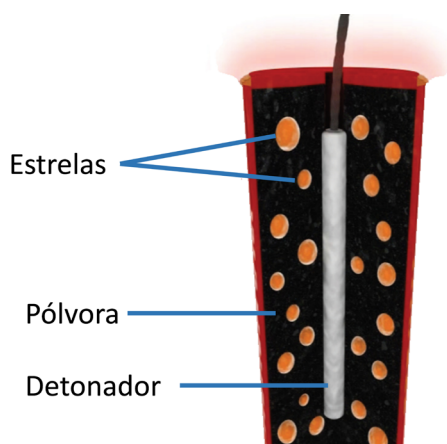


FIGURA 1. Esquema de uma “concha” pirotécnica.

Cada “estrela” contém quatro ingredientes químicos: um material combustível, um agente oxidante, um composto metálico responsável pela cor e um aglutinante para manter estes componentes unidos.

Toda a luz, cor e som resultam destes compostos químicos. Durante a explosão, o agente oxidante e o combustível reagem de forma violenta, libertando calor intenso e materiais em fase gasosa. É a expansão brusca destes materiais gasosos que cria a onda de choque que nos chega aos ouvidos como o som da explosão. E é o calor libertado nesta reação o responsável pelo brilho e cor do fogo de artifício.

As cores do fogo de artifício são obtidas essencialmente por um processo designado por “luminescência”: a energia libertada na explosão é absorvida pelos átomos dos metais presentes na composição da “estrela”, promovendo os seus eletrões do estado fundamental para níveis excitados. O regresso dos eletrões ao estado fundamental ocorre com libertação da energia sob a forma de radiação visível, ou seja, luz colorida. A cor da luz emitida varia consoante o metal utilizado: o vermelho é normalmente obtido com sais de estrôncio ou de lítio, o cor de laranja é característico de sais de cálcio, como o cloreto de cálcio, o amarelo é facilmente obtido com sais de sódio, sendo vulgarmente utilizado o cloreto de sódio, o verde é obtido com cloreto de bário, enquanto o azul é obtido com cloreto de cobre (FIGURA 2).

|                                  |                                       |                                     |                                    |                                     |                                    |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 3<br>6,941<br><b>Li</b><br>Lítio | 38<br>87,62<br><b>Sr</b><br>Estrôncio | 20<br>40,078<br><b>Ca</b><br>Cálcio | 11<br>22,989<br><b>Na</b><br>Sódio | 56<br>137,327<br><b>Ba</b><br>Bário | 29<br>63,546<br><b>Cu</b><br>Cobre |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|

FIGURA 2. Elementos químicos comumente utilizados em pirotecnia para a obtenção de cor.

As propriedades destes sais tornam a pirotecnia uma ciência química exigente: é preciso garantir a estabilidade de alguns destes compostos, controlar rigorosamente a temperatura de explosão e impedir a contaminação que mistura as cores. Em particular, é imperioso evitar a contaminação com sódio: o brilho intenso da emissão do sódio facilmente “amarela” todo o fogo de artifício.

### Um pouco de história

O fogo de artifício teve a sua origem quando a química ainda não existia como ciência. Há registos da utilização de misturas incendiárias em celebrações religiosas na Ásia por volta de 2000 a.C.. No entanto, a pólvora – principal componente do fogo de artifício – foi descoberta na China apenas no século IX, quando um alquimista chinês juntou, acidentalmente, salitre, enxofre e carvão e aqueceu a mistura (a pólvora tem uma composição típica de 75% de nitrato de potássio, 15% de carvão e 10% de enxofre). Os primeiros mestres pirotécnicos eram, na verdade, alquimistas que mantinham em segredo as suas receitas geradoras de fogos coloridos.

O fogo de artifício, na sua forma colorida e brilhante como conhecemos hoje, surgiu com o nascimento da Química e o seu desenvolvimento está relacionado com grandes nomes desta ciência. Antoine Laurent Lavoisier, considerado pai da Química, foi responsável por revolucionar a produção da pólvora, durante a Revolução Francesa. Os seus estudos sobre as combustões acenderam o rastilho para que outros químicos procurassem elementos ricos em oxigénio, produzindo assim explosões mais violentas e temperaturas mais elevadas.



Em finais do século XVIII, Claude Louis Berthollet, descobre o clorato de potássio, que ainda hoje é utilizado nos foguetes. Com o desenvolvimento da química e do conhecimento da matéria, foi aumentando a segurança, o brilho e o número de cores disponíveis, mas as bases de hoje são as mesmas que os fogueteiros tradicionais utilizavam no século XIX. E essa base consiste essencialmente na arte de saber trabalhar a composição da pólvora.

A primeira função da pólvora é lançar a concha para o ar. Por sua vez, a pólvora que se encontra no interior da concha, tem como papel fornecer a energia suficiente para “acender” as estrelas. Por esta razão, a esta pólvora é adicionada perclorato de potássio ou clorato de potássio. Estes compostos são mais explosivos que os nitratos e por isso fornecem temperaturas mais elevadas – necessárias para que o material das estrelas entre em combustão. Os cloratos possuem a desvantagem de serem muito instáveis e por isso mais perigosos – um composto de clorato pode explodir apenas por cair ao chão. Uma preocupação mais, numa atividade com riscos de segurança elevados.

### **Mas... e a cor?**

Os fenómenos responsáveis pelas cores do fogo de artifício estão presentes nas luzes lá de casa, nos anúncios luminosos e até quando nos aquecemos junto à lareira. Assim, para além da luminescência, os elementos podem também emitir cor por aquecimento – quem já não observou as brasas de carvão que de pretas, passam a vermelhas, alaranjadas até terminarem como cinzas brancas? A este fenómeno os químicos chamam incandescência.

Metais como alumínio ou o magnésio, quando aquecidos a elevadas temperaturas, emitem uma luz branca muito brilhante. Estes elementos são muitas vezes adicionados à pólvora da concha aumentando assim a claridade da explosão. As restantes cores resultam da mistura química que se encontra no interior das estrelas. A composição desta mistura é praticamente igual à pólvora negra, variando apenas o sal que contém o elemento químico que gera a cor por luminescência. Ou seja, para se obter a cor vermelha mistura-se nitrato de estrôncio, carvão e enxofre enquanto para se obter a cor verde mistura-se nitrato de bário, carvão e enxofre. A cor azul é considerada a mais difícil de obter devido à instabilidade dos compostos de cobre. E da mesma forma que o pintor mistura o azul e o vermelho para obter o violeta, também os pirotécnicos misturam cobre e estrôncio para obter esta cor. Alguns foguetes podem começar com uma cor e terminar com outra, uma vez que no interior da mesma estrela podem existir duas misturas. E cada estrela, cada mistura, é preparada artesanalmente, num trabalho que envolve química, arte e muito, muito rigor.

---

# Química em *flash*

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

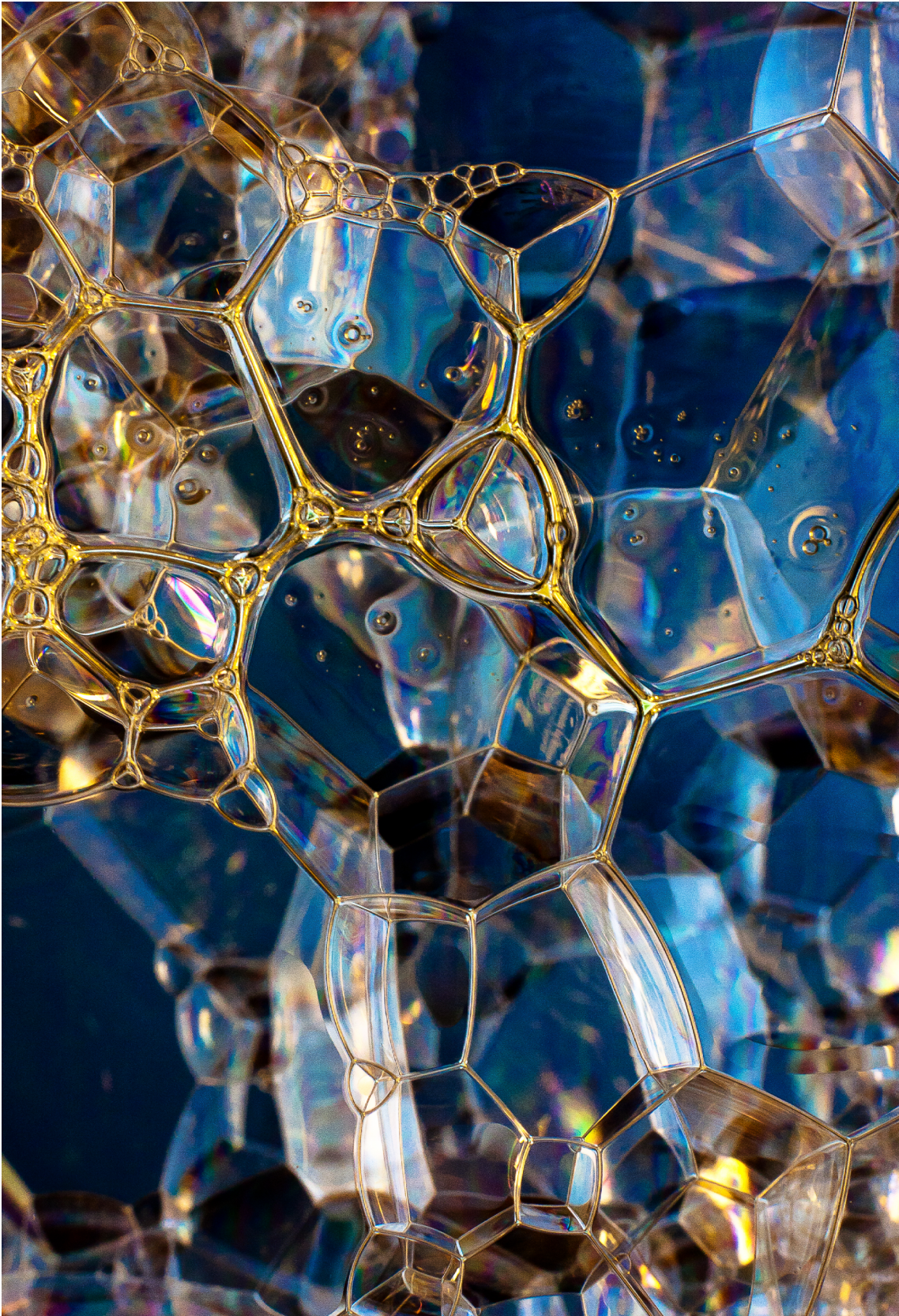
Esta imagem de transparências e geometrias variadas faz-me lembrar Platão, Aristóteles, Fídias, que, na Antiguidade, procuraram tornar a natureza inteligível ligando ciência e a arte. Muito tempo depois, já no século das Luzes, Kant e Goethe voltaram a religar a ciência e a arte, mas agora para pensar a razão e a emoção. Para Kant, na sua *Crítica da Faculdade de Julgar* (1790), a forma diz respeito quer à qualificação do espaço e do tempo quer à sua génese – a “forma interna”, que ele define como “a concordância de uma multiplicidade com uma certa unidade”. Depois de muito pensar, Kant concluiu que na génese da obra de arte existe um acordo perfeito entre a forma apreendida e as faculdades, razão pela qual ela é indissociável do mundo natural. Foi esta ideia que levou Goethe a dedicar-se, quer ao estudo morfológico das plantas quer ao estudo morfológico da luz, de que resultaram *A Metamorfose das Plantas* (1790) e o *Tratado das Cores* (1810), duas obras que, ao cruzarem abertamente objetividade e subjetividade, abriram novas perspetivas para a compreensão da natureza e da arte.

Manuel Valente Alves  
Artista plástico e médico


Os tensoativos são substâncias que apresentam a capacidade de diminuir a tensão superficial da água, permitindo a dissolução de gorduras e outros compostos com baixa solubilidade em meio aquoso. Este efeito advém da estrutura do tensoativo, o qual é constituído por uma região hidrofílica com elevada afinidade para a água e uma região hidrofóbica que prefere estar em contato com a fase orgânica.

Os detergentes e sabões que utilizamos no nosso dia-a-dia são excelentes exemplos de tensoativos. Durante a utilização destes produtos é frequente observar a formação de espumas, as quais não são mais do que o resultado do encapsulamento de bolhas de ar na água, devido à redução da sua tensão superficial. Mergulhando no seu íntimo através da macrofotografia, que nos permite alcançar detalhes que os nossos olhos não conseguem, é possível visualizar a arquitetura única (no pleno sentido da palavra) e irreverente de uma espuma. A utilização de um filtro polarizador permite atenuar o efeito da luz que é refletida pela superfície das bolhas e alcançar um contraste e cores únicos.

Helena Passos  
Universidade de Aveiro



VI ENCONTRO  
INTERNACIONAL  
DA CASA  
DAS CIÊNCIAS



ENSINO  
DAS CIÊNCIAS  
E A SOCIEDADE  
MODERNA

10 A 12  
JULHO  
2019

LISBOA  
FACULDADE  
DE CIÊNCIAS  
DA UNIVERSIDADE  
DE LISBOA