

Química

WORKING TOGETHER FOR
A WORLD FREE OF
CHEMICAL WEAPONS





Editorial | 150

Direção | 151

Perspetiva | 152

In Memoriam | 153

Notícias

155

Atualidades Científicas | 162

Ongoing

165

Plasticvalor - Desenvolvimento de Metodologias Eficientes e Económicas para a Despolimerização Redutiva e Valorização de Resíduos Plásticos | 165

Artigos

167

A Propósito do Número 4 | 167

A Genealogia Académica. Perceber as Origens e Influências do Trabalho Científico no Percurso Académico | 175

Tomé Rodrigues Sobral, Químico e Deputado nas Cortes Constituintes de 1821 | 189

Convenção para a Proibição das Armas Químicas: 25 Anos a Tornar o Mundo Mais Seguro | 196

Ensino

206

2020 - Ano em que a Pandemia Impôs a Necessidade de Ensinar à Distância: A SPQ ao Serviço da Formação em Química | 206

Nomenclatura Química no 11.º Ano de Escolaridade: Química Verde e Economia Atómica | 211

Nas Redes | 217

Química Entre Nós | 218

Espaço dos Mais Novos | 220

Destques | 222

Agenda | 223



No passado dia 29 de abril de 2022 assinalaram-se os 25 anos da entrada em vigor da Convenção para a Proibição das Armas Químicas (CPAQ). As principais disposições da Convenção incluem a destruição dos arsenais existentes e declarados pelos Estados Membro, a proibição de produção e de utilização de AQ, e a destruição de instalações que as produzem e/ou a sua conversão para outras funções. A CPAQ promove também a utilização pacífica da Química para contribuir para o desenvolvimento económico e tecnológico, bem como a realização de missões de assistência e proteção em caso de uso contra um dos Estados signatários da Convenção.

O organismo responsável pela implementação da

CPAQ é a Organização para a Proibição de Armas Químicas (OPAQ), cujo trabalho, assente em quatro pilares (Desarmamento, Não-proliferação, Assistência e Proteção e Cooperação Internacional), mereceu a atribuição do Prémio Nobel da Paz em 2013. Apesar do sucesso deste tratado, ao ponto de 99% das AQ declaradas terem sido já destruídas, o seu uso não foi erradicado, como o comprovam os vários incidentes que ocorreram nos últimos anos. O ressurgimento destas armas é uma das maiores ameaças à paz e à segurança internacionais. Recentemente, no contexto da guerra em curso na Ucrânia, falou-se de novo na possibilidade de recurso à utilização de AQ (e biológicas) e do regresso do terror nuclear, com o perigo associado a um incidente nas centrais nucleares ucranianas, em particular no complexo de Zaporizhia. É por isso fundamental continuar a realçar a importância da CPAQ e dar a conhecer o trabalho da OPAQ na prossecução do objetivo nobre de criar um mundo livre de armas de destruição maciça. O artigo que pode ser lido neste número do Química é um contributo neste sentido, onde se mostra mais uma vez que a Ciência, em particular a Química, pode contribuir para que o Mundo se torne um lugar mais seguro.

O número *quatro* é, no contexto da importante efeméride sobre a entrada em vigor da CPAQ (os quatro pilares em que assenta o trabalho desenvolvido pela OPAQ), um número especial. A *propósito do número quatro*, Jorge Calado aborda, nesta edição do Química, a importância do uso de uma linguagem rigorosa e clara na comunicação da Ciência, havendo lugar, entre outros aspetos, a uma referência às quatro revoluções industriais e do seu impacto na sociedade.

Maria Fernanda Carvalho, lembrando que a pandemia da COVID-19 impôs a necessidade de ensinar à distância, faz um paralelismo entre as quatro revoluções industriais e as mudanças no paradigma ensino-aprendizagem. O tema serviu de mote para relevar o papel da SPQ na formação de professores do ensino secundário em áreas transversais da Química, através do seu Centro de Formação. O Química, procurando dar voz aos professores que têm frequentado as ações de formação da SPQ, publica, neste número, um artigo que vem na sequência de uma dessas ações de formação.

A formação ao longo da vida de professores é essencial para melhorar as competências destes profissionais e influenciar de forma positiva os seus alunos, fazendo com que estes se sintam motivados na busca do conhecimento e na prossecução das suas aspirações. O papel de um professor no percurso de vida de um estudante pode ser determinante. Atente-se à genealogia académica de Carlos Nieto de Castro, onde se mostra que professores e mentores marcantes podem influenciar significativamente o percurso profissional, neste caso o percurso académico e o trabalho científico.

Uma nota final para um artigo de A. M. Amorim da Costa a propósito dos duzentos anos dos trabalhos das Cortes Constituintes resultantes da Revolução Liberal de 1820 e do papel do Químico Tomé Rodrigues Sobral na Comissão de Manufaturas e Artes.

>

Paulo Mendes

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

PROPRIEDADE DE SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

NIPC: 501 139 265

ISSN 0870 – 1180

Registo na ERC n.º 125 525

Depósito Legal n.º 51 420/91

Publicação Trimestral

N.º 166, julho-setembro 2022

REDAÇÃO, EDIÇÃO E ADMINISTRAÇÃO

Av. da República, 45 - 3.º Esq. - 1050-187 Lisboa

Tel.: 217 934 637 - Fax: 217 952 349

bspq@uevora.pt - www.spq.pt

Diretor: Paulo Mendes**Diretores-adjuntos:** Ana Paula Esteves, Bruno Machado, Maria José Lourenço, Marta Piñeiro Gómez, Vasco D. B. Bonifácio**Comissão de Aconselhamento Editorial:**

Augusto Tomé, Helder T. Gomes, João Paulo R. F. André, Joaquim L. Faria, Jorge Morgado, Mário N. Berberan-Santos

ESTATUTO EDITORIAL

Disponível em:

www.spq.pt/boletim/estatuto_editorial

PUBLICIDADE

Sociedade Portuguesa de Química

secretariado@spq.pt

DESIGN GRÁFICO E PAGINAÇÃO

Rodrigo Nina

www.rodigonina.com

rodrigo.pnina@gmail.com

Tel.: 964 819 822

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Tipografia Lessa

Pta dos Mogos, 157 - Z. Ind. de Vermoim

4470-343 Maia

+351 229 441 603

geral@tipografialessa.pt

Tiragem: 1.300 exemplares

As colaborações assinadas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores, não vinculando de forma alguma a SPQ, nem a Direção do QUÍMICA. São autorizadas e estimuladas todas as citações e transcrições, desde que seja indicada a fonte, sem prejuízo da necessária autorização por parte do(s) autor(es) quando se trate de colaborações assinadas. As normas de colaboração e as instruções para os autores podem ser encontradas no sítio web da SPQ.

PUBLICAÇÃO SUBSIDIADA PELA
FCT Fundação
para a Ciência
e a Tecnologia

 Apoio do Programa Operacional Ciência, Tecnologia,
Inovação do Quadro Comunitário de Apoio III

Não é Notícia

>
Joaquim L. Faria

Terminou no dia 1 de setembro o 8th *EuChemS Chemistry Congress*. O evento europeu com maior expressão no que à Química respeita, aterrou em Lisboa de 28 de agosto a 1 de setembro, em 2022, após quatro anos de interregno forçado pela pandemia da COVID-19. Esta edição contou com várias inovações relativamente ao formato normal (disso se dará conta no próximo número do *Química*, com uma extensa cobertura do evento), mas sempre com elevado índice de qualidade científica, com conferências de grande nível, altamente motivadoras e inspiradoras para os cerca de 1200 participantes que acorreram ao Centro de Congressos de Lisboa. Debaixo do mote “Química – a Ciência Central”, foram discutidos temas estruturantes da sociedade atual incluindo as alterações climáticas, controlo da poluição, avanços da química medicinal, desenvolvimento de novos materiais funcionais, técnicas analíticas de ponta, entre muitos outros tópicos que compunham o extenso programa. Tudo isto animado por fóruns, debates e *workshops*, para além das tradicionais conferências. Mas mesmo tendo presentes os responsáveis máximos das maiores associações científicas mundiais (ACS, RSC, EuChemS), de farmacêuticas (Novartis, Bial), e apesar de um trabalho de assessoria que visou cerca de 30 órgãos de comunicação social generalistas, entre jornais e rádio, além de mais de uma vintena de agentes especializados, não chega para fazer notícia.

A 19 de setembro começa o novo ano letivo académico para os novos estudantes, o que nunca deixa de ser ou gerar notícia. Este ano, com mais de 61 mil alunos inscritos na primeira fase de acesso, foram colocados mais de 50 mil estudantes nas universidades e politécnicos públicos, naquilo que é um dos números mais elevados de sempre. Neste panorama, foi permitido às instituições de ensino superior aumentar até 5% o número de vagas fixadas para o concurso nacional de acesso, independentemente das capacidades materiais e humanas existentes. Para os cursos de maior procura, com mais candidatos nas primeiras opções e com notas de candidatura mais elevadas, bem como os cursos previstos nas candidaturas aos programas Impulso Jovens STEAM e Impulso Adultos, o incremento pode ir até 10%. Atenta a estas movimentações, a associação para defesa do consumidor (DECO) apercebeu-se de um mercado em crescimento e lançou um guia *online* para ajudar os estudantes que vão entrar no ensino superior a saber o que esperar de um contrato de

arrendamento, aprender a ler contadores, saber interpretar faturas da luz, gás e água, e como gerir o dinheiro. Segundo esta associação, o alojamento é um dos principais desafios de quem vai para a universidade. E é isto notícia! Também enchem as notícias as ordenações dos cursos, por vezes baseadas em médias inflacionadas, que arrastam multidões de pais, filhos e filhas na miragem de um estatuto artificial definido por *rankings* e classificações.

Na primeira fase do concurso nacional de acesso, e destacando apenas os cursos com melhor nota do último classificado, a Licenciatura em Química da (Faculdade de) Ciências ULisboa completou as 29 vagas disponíveis, com uma nota de 144,8. Nos cursos associados, foi a Química Aplicada da FCT NOVA que obteve a melhor classificação com 150,4 (para 32 vagas disponíveis). Na Engenharia Química da FEUP, as 63 vagas disponíveis foram preenchidas com uma classificação de 170,8. Finalmente, também na Universidade do Porto, o Curso de Bioquímica da Faculdade de Ciências preencheu as 102 vagas disponíveis, com 174,0. Os 1263 jovens agora colocados nos cursos de química ainda não são notícia, mas foram as várias gerações de químicos que ao longo do tempo em todo o mundo usaram o que a natureza tem para oferecer e obtiveram produtos incrivelmente benéficos, como medicamentos, fertilizantes, materiais inovadores ou vetores energéticos. A atual crise ambiental e energética, bem como os recentes problemas de saúde pública, não se podem resolver senão com a contribuição de um uso adequado da química. E isso só é possível com novas abordagens e novas formas de pensar, que aparecem tanto mais rapidamente quanto mais as gerações atuais e futuras de químicos se envolvem e atuam globalmente. E isto são boas notícias!



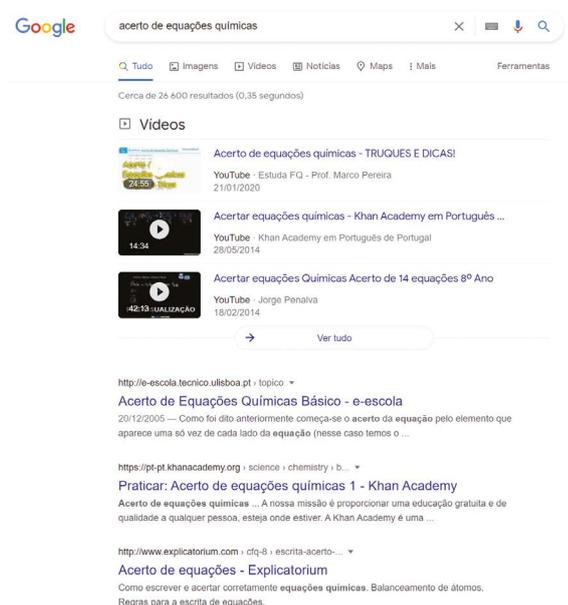
>
Joaquim Luís Faria

Vice-Presidente SPQ. Professor Associado com Agregação da FEUP. Coordenador Científico do LSRE-LCM – *Laboratory of Separation and Reaction Engineering – Laboratory of Catalysis and Materials*. Coordenador da Linha Temática de Materiais do ALICE – *Associate Laboratory in Chemical Engineering*.
jlfaria@fe.up.pt
ORCID.org/0000-0002-6531-3978

Acerto de Equações Químicas > Carlos Corrêa

Desde há muitas décadas que se usa a frase “acerto de equações químicas”, ou seja, existem equações químicas não acertadas e acertadas, embora só tenham utilidade depois de acertadas. Se consultarmos o motor de busca Google, aparece um número considerável de publicações com o título “Acerto de equações químicas” (Figura 1).

Figura 1 - Resultados da pesquisa no motor de busca Google por “acerto de equações químicas” em 29/06/2022.



Alguns perfeccionistas, aqueles que dizem “um copo com água” e não “um copo d’água”, porque o copo é de vidro e não de água..., em vez de “equação química por acertar” chamam-lhe “esquema químico”, uma vez que só consideram o termo “equação” se a mesma estiver acertada.

Esta “teoria” está meio oficializada porque aparece nos testes de exame de Química do ensino secundário e porque os autores de manuais escolares, procurando

seguir o IAVE (Instituto de Avaliação Educativa, I. P.), acabam por a adotar e difundir.

De vez em quando surgem destas vagas no ensino secundário, como a da “teoria do 3 litro” e a discussão se os objetivos deviam ser expressos no infinito ou no imperativo...

Muitas vezes usam-se verdadeiros esquemas químicos para representar reações, como a da combustão do metano (Figura 2), mas chamar esquema a uma equação não acertada, como $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ é um preciosismo sem pés nem cabeça.

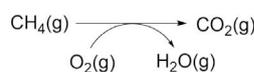
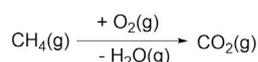


Figura 2 - Duas representações para a reação de combustão do metano.



Para acentuar a falta de coerência destes puristas, note-se que designam por “equações de palavras” frases como esta:

Metano gasoso + Dioxigénio gasoso → Dióxido de carbono gasoso + Água gasosa

Esta frase, por ter uma seta (→) e sinais mais (+) já tem direito a ser “equação”, mas $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ é um esquema, sendo promovido a equação se lhe colocarmos os coeficientes estequiométricos: $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$!

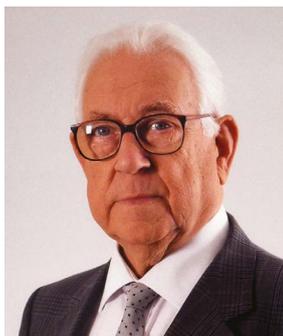
A incoerência é ainda maior quando referem “acerto de equações” pois deveria ser “acerto de esquemas” ou melhor ainda “transformação de esquemas químicos”... em equações!

Moral da história: Deixemo-nos de perfeccionismos patológicos e guardemos os nossos esforços para fazer melhores programas, melhores testes e melhor ensino.

> **Carlos Corrêa**

Professor Emérito do Departamento de Química e Bioquímica (DQB) da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP). Frequentou a FCUP e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto onde se licenciou em Engenharia Química Industrial. Doutorou-se na Universidade de Oxford e na Universidade do Porto em radicais livres de compostos

de enxofre. Foi Professor Catedrático no DQB da FCUP, onde desenvolveu atividade de investigação e docência na área da Química Orgânica, tendo-se jubilado em 2006. É autor de vários artigos científicos publicados em revistas internacionais e de manuais escolares para a disciplina de Física e Química lecionada no ensino básico e secundário. ccorrea@fc.up.pt



Um Adeus a Fraústo da Silva (1933–2022)

>
Armando Pombeiro
José Moura

O Professor Fraústo da Silva deixou-nos recentemente. Grande perda e muito pesar.

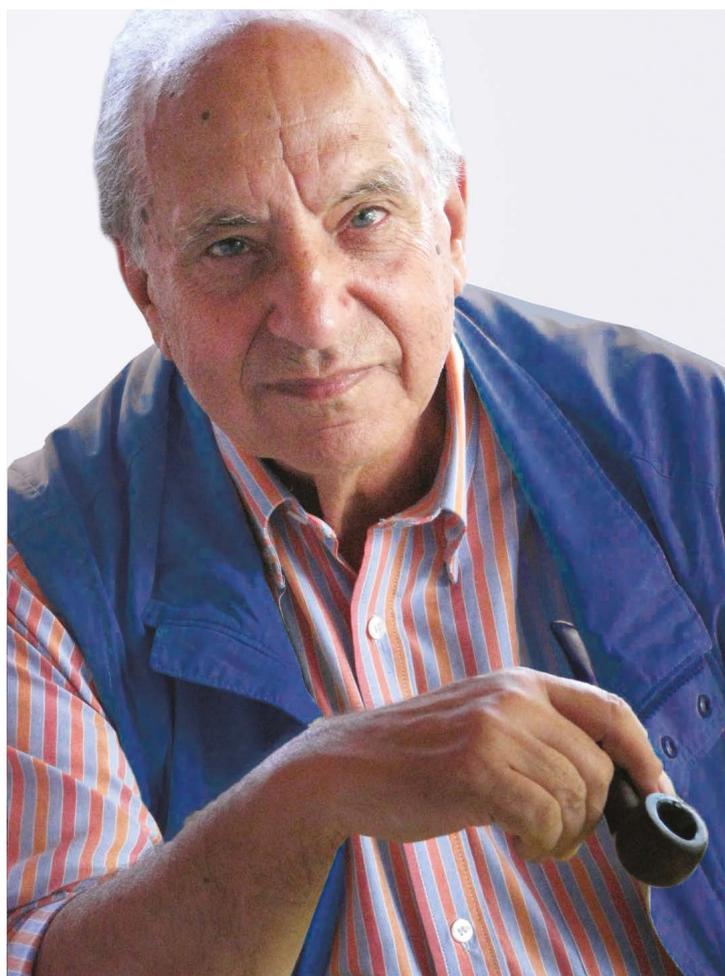
Ao escrevermos estas linhas, a dois, pensámos que elas deveriam ter variadas cambiantes: sobre o homem que nos marcou e as memórias que guardamos em comum, o impacto que teve na ciência e na cultura, sempre com um aspeto muito humano, e trazer aos mais jovens a memória de um Químico exemplar e inspirador.

Foi por convite do Professor Fraústo que entrámos na carreira docente e de investigação (AP no IST, e JM no IST e mais tarde na Universidade Nova de Lisboa) e os nossos temas iniciais de doutoramento, abaixo referidos, foram por ele sugeridos.

Quando estávamos em início de doutoramento, no então Centro de Estudos de Energia Nuclear, o Professor Fraústo, como Diretor do IST e em conjunto com a sua equipa, tinha modernizado e renovado os Laboratórios de Química Analítica, Inorgânica e Métodos Instrumentais de Análise, e os temas da Complexometria (JM) e Fixação de Azoto (AP) eram a nossa motivação. Foi uma lufada de ar fresco no ensino da Química na Engenharia Química. Como ex-aluno de Química Inorgânica e Analítica, recordo (JM) a clareza das aulas dadas às 8 h da manhã que podiam ser transcritas, *in loco*, como “sebentas”. Os textos de Química Analítica então editados são, ainda hoje, verdadeiros textos compreensivos e sistemáticos de uma atualidade intocável.

Os diversos compromissos que o Professor Fraústo assumira levaram-no a transferir a regência de uma das disciplinas mais marcantes (Química Analítica) para um de nós (AP) apesar de ainda estar no início de carreira (Assistente Eventual além do Quadro), demonstrando a sua abertura, confiança e estímulo a quem com ele trabalhava. Com a ida de AP para Sussex com vista ao doutoramento, a regência desta disciplina foi atribuída pelo Professor Fraústo a outros novos docentes (*e.g.*, JM), seguindo o mesmo princípio incentivador de transferência de responsabilidade para os mais jovens.

Como Diretor do IST, conseguiu criar um elevado número de posições para novos docentes que foram então contratados para esta Escola, permitindo, por



exemplo, a criação de um diversificado e vasto (na altura) corpo docente em Química.

Impulsionou de uma forma sem precedente a investigação em Química no nosso país, para o que contribuiu também a sua iniciativa e apoio a jovens docentes para desenvolverem os seus trabalhos de doutoramento designadamente em reconhecidas universidades estrangeiras, sobretudo a de Oxford, onde ele próprio se doutorara, e também a de Sussex (AP).

Com a criação de um novo edifício de Investigação (Complexo Interdisciplinar - IST) gerou uma

equipa que revolucionou o Centro de Química Estrutural (de que foi o principal fundador) e a Química no nosso país.

“Pai” da Química Bioinorgânica em Portugal, trouxe um novo *glamour* e credibilidade ao papel dos metais em biologia e escreveu livros notáveis, considerados clássicos e “Bíblías”, em colaboração com o Professor Robert Williams (Universidade de Oxford), que têm inspirado muitas gerações de alunos, investigadores e professores de vários níveis. Uma nova disciplina era lançada e que teve um enorme impacto em campos multidisciplinares, tais como, medicina, ambiente, agricultura, farmácia... (ou seja, as Ciências da Vida). A continuidade da *Society of Biological Inorganic Chemistry* (SBIC) e das *International Conferences of Bioinorganic Chemistry* (ICBIC) bienais (com variantes alternando na Europa, Ásia e América do Sul), na sua edição 20 em 2023, atestam bem a relevância deste tópico científico.

Foi a sua visão estratégica que levou à criação de Linhas de Investigação abrangentes e modernas no período inicial do Centro de Química Estrutural, para além daquelas do seu próprio interesse mais direto (Química Inorgânica e Analítica), designadamente em Química Organometálica (A. R. Dias), Termodinâmica Experimental (J. Calado), Química Bioinorgânica (A. Xavier) e Fotoquímica Orgânica (S. Costa). A Química de Coordenação, a Ativação de Moléculas Pequenas e a Eletroquímica Molecular (AP) também se estabeleceram e autonomizaram da Linha de Investigação do Professor Fraústo, assim como, um pouco mais tarde, a Eletroquímica Analítica (M. L. Gonçalves). Foi no grupo do Professor Fraústo que se originaram estas últimas Linhas de Investigação (AP e MLG) que, por sua vez, evoluíram tendo designadamente uma delas (AP) conduzido ao estabelecimento naquele Centro de áreas relevantes da Catálise e da Eletrocatalise.

A sua carreira desmultiplicou-se em cargos da mais alta responsabilidade no panorama da educação, cultura e ciência (ver “Biografia”), com um papel relevante e influente no ensino e organização da Universidade. A sua passagem em polos de decisão deixaram marcas muito fortes.

Sentimos que fomos uns privilegiados em lidar de muito perto com o Professor Fraústo e nunca esqueceremos as idas ao Complexo aos fins de semana (em épocas em que estava muito ocupado com inúmeras tarefas), onde com tempo se falava de muita coisa e grandes conselhos eram dados.

Era uma personalidade com uma inextinguível dimensão humana, na constante busca de excelência e justiça, afável e empática, com quem muito aprendemos, nós e todos os que tiveram o apanágio de com ele trabalhar. Sempre perdurará na nossa memória como exemplo inspirador a seguir.

Biografia

João José Fraústo da Silva nasceu em Tomar. Licenciado em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico (IST), Doutor em Química (Universidade de Oxford) e em Engenharia Química (Universidade Técnica de Lisboa). Professor Catedrático Jubilado do IST e foi Professor convidado em duas Universidades brasileiras.

Exerceu diversas funções públicas, tais como Ministro da Educação, Conselheiro de Estado, Presidente do Gabinete de Estudos e Planeamento da Ação Educativa, Reitor fundador da Universidade Nova de Lisboa, Presidente do Instituto Nacional de Administração e da Fundação Centro Cultural de Belém e Presidente do Conselho de Curadores da Fundação Oriente.

Autor de mais de duas centenas de artigos, várias patentes e seis livros, cinco dos quais internacionais. Recebeu diversos prémios, medalhas, doutoramentos *Honoris Causa* e condecorações, incluindo a de Oficial da Legião de Honra (França). Membro efetivo e mais tarde Emérito da Academia das Ciências de Lisboa.

Informação mais detalhada encontra-se na Biografia publicada (AP) na edição especial de uma revista científica internacional a ele anteriormente dedicada (*Inorganica Chim. Acta* **2003**, 356, 1-5. DOI: 10.1016/S0020-1693(03)00330-X).

>

Armando Pombeiro

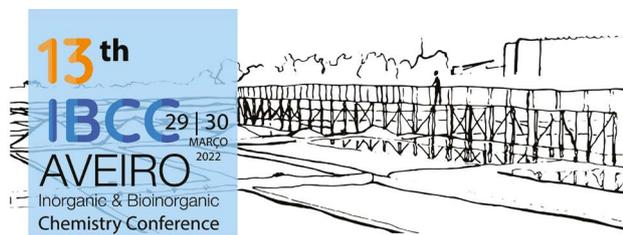
Professor Catedrático Jubilado do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
pombeiro@ist.utl.pt

>

José Moura

Professor Catedrático Jubilado da *School of Sciences and Technology*, Universidade de Nova de Lisboa (FCTNOVA).
jjgm@fct.unl.pt

13.º Encontro de Química Inorgânica e Bioinorgânica



Nos passados dias 29 e 30 de março decorreu na Universidade de Aveiro, e após um período de interregno devido à pandemia de COVID-19, o 13.º Encontro de Química Inorgânica e Bioinorgânica apoiado pela Sociedade Portuguesa de Química (13ibcc.events.chemistry.pt). As Comissões Científica e Organizadora empenharam-se desde o início em proporcionar a todos os participantes o retorno a uma vida científica mais presencial, onde jovens cientistas pudessem estar novamente em contacto com os mais experientes e, dessa forma, conhecer a comunidade e trocar ideias e conhecimentos.

O programa científico contou com cinco palestras plenárias e dez selecionadas no seio dos vários resumos submetidos ao Encontro. Os participantes tiveram o prazer de ver, via ZOOM, palestras de convidados internacionais, nomeadamente o Professor Omar Yaghi (Universidade de Berkeley) e do Professor Konstantinos Demadis (Universidade de Creta). O programa científico ficou completo com duas sessões de *posters* onde os participantes puderam também interagir com alguns dos patrocinadores do encontro científico.

Homenageou-se presencialmente o Professor João Rocha (Universidade de Aveiro), agradecendo-o com o Prémio Alberto Romão Dias, o qual proferiu uma inspiradora palestra para os mais jovens (e não só) de quem, após vários anos de investigação, continua cada vez mais curioso com a Ciência e a Natureza.



Plenária do Prémio Alberto Romão Dias: Professor João Rocha (Universidade de Aveiro).



Professor João Rocha e Professor Artur Silva (Presidente da SPQ e Vice-Reitor da Universidade de Aveiro) na atribuição do Prémio Alberto Romão Dias.



Sessão de *posters*.

A sessão de encerramento serviu também para fazer uma passagem de testemunho dos destinos da Divisão para a Luísa Maia (REQUIMTE e FCT NOVA) durante os próximos dois anos, sendo que ficou também decidido que quem lhe sucederá será a Carla Nunes (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa).

Como Presidente cessante da Divisão de Química Inorgânica e Bioinorgânica gostaria de agradecer a todos com quem interagi durante estes anos e dizer que foi um prazer e uma honra ajudar a Sociedade Portuguesa de Química nestas funções. O Encontro em Aveiro foi uma lufada de ar fresco depois de anos em confinamento e foi um prazer enorme voltar a ver caras, conhecidas e novas, num anfiteatro ou em frente a um *poster* a falar sobre Ciência.

>

Filipe A. Almeida Paz

Presidente cessante da Divisão de Química Inorgânica e Bioinorgânica
filipe.paz@ua.pt

XXII International Symposium on Homogeneous Catalysis (ISHC)



O *XXII International Symposium on Homogeneous Catalysis* (XXII ISHC) decorreu na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa em 24-29 julho de 2022 (xxii-ishc.events.chemistry.pt).

Este evento constituiu uma das primeiras conferências internacionais de Química em formato *presencial* após o início da pandemia de COVID-19 há mais de dois anos e meio. Este formato foi particularmente favorável à promoção de interações e *networking* entre os participantes.

O Simpósio atingiu o nível esperado de excelência científica e assegurou uma representação equilibrada de delegados em diversas fases da sua carreira, desde jovens investigadores a reputados cientistas seniores, permitindo a troca de ideias entre diferentes gerações.

É a 22.ª edição de uma prestigiada série iniciada há 44 anos nos EUA (Corpus Christi) e que tem vindo a contribuir para o fomento da Catálise Homogénea nas suas diversas vertentes, designadamente multi- e transdisciplinares, no âmbito dos objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas.

É através da Catálise que a Química apresenta a contribuição mais relevante para a sustentabilidade, designadamente pela economia energética e melhor utilização de recursos que lhe estão associadas.

Os tópicos principais foram os seguintes: Catálise de Complexos Metálicos, Organocatálise, Biocatálise e Catálise Bioinspirada, Eletrocatalise, Fotocatálise, Catálise Cooperativa e Sequencial, Catálise Heterogeneizada, Catálise Homogénea Multifásica, Catálise Assimétrica, Nanocatálise, Catálise Aplicada, Catálise em Meio Não-convencional, Interações Não-covalentes em Catálise, Investigações Mecanísticas, Vias Computacionais, e Direções Emergentes. Os tópicos que mais contribuições contemplaram foram os de Catálise de Complexos Metálicos e Catálise Aplicada.

Não obstante a adversidade das circunstâncias sociais e políticas atuais, o Simpósio congregou mais

de 250 delegados de 29 países de todos os continentes (com exceção da Antártida). Os países mais representados com 10 ou mais delegados foram, por ordem, Portugal, Alemanha, Espanha, Reino Unido, França, Japão e Itália. Seguiram-se a Suíça, Polónia, Áustria, Hungria, Estados Unidos da América, Suécia e Federação Russa, com cinco a nove delegados. Com menos de cinco participantes surgiram o Brasil, Canadá, Noruega, República Checa, Finlândia, Índia, Irlanda, Países Baixos, África do Sul, Austrália, Bélgica, Dinamarca, Hong-Kong, Coreia e Arábia Saudita.



Fotografia de grupo (auditório, edifício C3 de Ciências ULisboa).

Devido às fortes medidas de confinamento e quarentena vigentes na China continental, nenhum delegado desta origem pôde participar. Dificuldades na obtenção de vistos impediram também a vinda de vários cientistas estrangeiros originários de alguns países de fora da União Europeia.

No Simpósio foram apresentadas 40 lições convidadas (incluindo 13 plenárias), 35 comunicações orais selecionadas e 130 comunicações em painel (48 associadas a breves apresentações orais, tipo *flash*). A participação de estudantes (sobretudo doutorandos) foi apreciável, ca. 1/3 de todos os participantes. Esta foi também a fração da representação feminina.

Na lista de Plenaristas figuraram os professores Pier-

re Braunstein (Universidade de Estrasburgo), Anthony Burke (Universidades de Évora e de Coimbra), Michael Chan (*City University of Hong-Kong*), Pierre Dixneuf (Universidade de Rennes), Emma Gallo (Universidade de Milão), Cyril Goddard (*Universitat Rovira i Virgili*), Todd Marder (*Julius-Maximilians Universität Würzburg*), Toshiyuki Moriuchi (*Osaka Metropolitan University*), Djameladdin Musaeu (*Emory University*), Kotohiro Nomura (*Tokyo Metropolitan University*), Mariette Pereira (Universidade de Coimbra), Andrew Weller (*York University*) e Charlotte Williams (*University of Oxford*).

Outros conferencistas que proferiam lições convidadas foram os seguintes: Elisabete Alegria (Instituto Politécnico de Lisboa), Valentine Ananikov (*Zelinsky Institute of Organic Chemistry*), Tatiana Besset (*Normandie Université*), Rachel Brooner (*Dow's Core R&D Organization*), Konstantin Bryliakov (*Novosibirsk State University*), Jesus Campo (*University of Sevilla*), Osvaldo Casanova (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Valeria Conte (*University of Rome*), Luca Gonsalvi (*Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Florença*), Stephen Haashmi (*Heidelberg University*), Karl Kirchner (*Vienna University of Technology*), George Kostakis (*University of Sussex*), Alceo Macchioni (*University of Perugia*), Lionel Magna (*IFP Energies Nouvelles, Lyon*), Luisa Maia (Universidade Nova de Lisboa), Pedro Pérez (*University of Huelva*), Martin Precht (*Universidade de Lisboa*), S. Ramasastry (*Indian Institute of Science Education and Research, Mohali*), Antonio Romerosa (*Universidad de Almeria*), Beatriz Royo (Universidade Nova de Lisboa), Emmanuelle Schulz (*Université Paris-Saclay*), Mário Simões (Universidade de Aveiro), Piotr Sobota (*PORT Polish Center for Technology Development, Wrocław*), Alexander Sorokin (*Université Lyon*) e Anton Vidal (*Universidad de Barcelona*). Infelizmente, Fritz Kuhn (*Technische Universität München*), Mónica Pérez-Temprano (*Institute of Chemical Research of Catalonia*) e Kurt Püntener (*Hoffmann-La Roche Ltd*) foram forçados a desistir à última hora por questões da COVID-19.

Três lições convidadas foram selecionadas para designação pelos nomes de revistas científicas patrocinadoras e, além disso, foram atribuídas distinções (*poster awards*) a seis painéis apresentados por jovens investigadores e escolhidos por uma comissão de avaliação. Um destes prémios foi atribuído em nome da Sociedade Portuguesa de Química e da Sociedade Portuguesa de Eletroquímica, instituições patrocinadoras do Simpósio.

Como forma de celebração do continuado sucesso

da série de ISHCs ao longo dos 44 anos de existência, foi cunhada uma medalha comemorativa em que no seu reverso estão gravados em ordem cronológica os nomes de todos os locais em que decorreram: Corpus Christi (1978), Dusseldorf, Milão, Leninegrado, Kobe, Vancouver, Lyon, Amesterdão, Jerusalém, Princeton, St. Andrews, Estocolmo, Terragona, Munique, Sun City, Florença, Poznan, Toulouse, Ottawa, Kyoto e Amsterdão (2018), anteriores a Lisboa (2022). Foi também talhada uma representação simbólica da barreira energética associada à pandemia da COVID-19 que teve de ser ultrapassada nos dois últimos anos para ser possível a realização deste Simpósio presencial. A ponte Vasco da Gama, com o seu rico simbolismo explorador, serve de fundo. O logótipo deste Simpósio, i.e., o ciclo catalítico suportando duas sardinhas (peixe típico em Portugal) cruzadas, está gravado na frente da medalha. Uma outra iniciativa sem precedente, foi o estabe-



Medalha comemorativa do XXII ISHC.

lecimento com a *Chemistry Europe* de uma *Special Virtual Collection* celebratória do Simpósio, compreendendo todas as revistas desta editora. Os autores escolhem assim a revista mais adequada à publicação dos seus trabalhos e aquela Coleção inclui já ca. 55 artigos publicados. O prazo para submissão de manuscritos é 15 de outubro.

O programa social não foi negligenciado, abrindo amplas oportunidades de interação e atividades culturais: recepção de boas-vindas, jantar da conferência e excursão a Sintra ou à Arrábida, atuações da Tuna do Instituto Superior Técnico e do Coro *Aesculapides* da Faculdade de Medicina.

Na reunião do *International Advisory Board* (IAB) ficou acordado que a próxima edição (XXIII) do ISHC irá decorrer em Trieste, Itália, em 2024.

>
Armando Pombeiro (Chair)
pombeiro@tecnico.ulisboa.pt

>
Kamran Mahmudov (Co-Chair)
kamran.mahmudov@tecnico.ulisboa.pt

>
M. Fátima Guedes da Silva (Co-Chair)
fatima.guedes@tecnico.ulisboa.pt



CQE Days 2022

A edição de 2022 do *CQE Days* teve lugar na FCUL (Ciências ULisboa), nos passados dias 26 e 27 de maio, com o patrocínio da SPQ. Esta foi a primeira edição do Encontro desde que o Centro de Química Estrutural (CQE) integrou o novo Laboratório Associado, o *Institute of Molecular Sciences*, e a primeira edição presencial desde o início da pandemia de COVID-19.

A abertura do Encontro contou com a presença da Prof.^a Margarida Santos Reis, subdiretora da FCUL (Ciências ULisboa), do Prof. Rogério Colaço, Presidente do Instituto Superior Técnico, e do Prof. Fernando Antunes, Coordenador do CQE - polo Ciências ULisboa, num momento em que foram dadas as boas-vindas aos mais de 250 participantes do CQE Days 2022. Além das palestras plenárias dos Investigadores Ana Reis Machado, Mário Simões, Cecília Roque e Sónia Ventura, e de uma sessão especial dedicada ao Centro de Química de Coimbra (CQC) do IMS, conduzida pelo seu Coordenador Rui Fausto, foram 20 as comunicações orais e 150 os *posters* apresentados e discutidos no Encontro.

Na sessão de encerramento esteve presente o Prof. Luís Carriço, Diretor da FCUL (Ciências ULisboa), e o Prof. Fernando Antunes. João Machado recebeu o



Foto de grupo.

prémio para melhor comunicação oral, tendo Pedro Paulo arrecadado o segundo lugar. Na categoria de melhor *poster*, o primeiro prémio foi atribuído a Ana Catarina Gonçalves, o segundo a Carolina Costa e o terceiro a Oriana Gonçalves.

A reportagem fotográfica, disponível na página oficial do *CQE Days 2022* (cqe.tecnico.ulisboa.pt/cqedays), mostra a boa-disposição partilhada pelos participantes, bem como alguns dos vários momentos de discussão científica que tiveram lugar ao longo dos dois dias. Parabéns a todos os estudantes e investigadores que apresentaram o seu trabalho, a todos os premiados, organizadores, patrocinadores e participantes que contribuíram para o enorme sucesso que foi o CEQ Days 2022.

> **A comissão organizadora**
cqedays2022@gmail.com



2.^a Edição do *Chem & Biochem Students Meeting*

No passado dia 15 de julho decorreu a 2.^a edição do *Chem & Biochem Students Meeting* (chembiochem02.campus.ciencias.ulisboa.pt) na FCUL (Ciências ULisboa). Esta iniciativa, dinamizada por estudantes de Doutoramentos em Química e em Bioquímica da FCUL (Ciências ULisboa) reuniu mais de 150 participantes de diferentes instituições da área metropolitana de Lisboa, entre docentes, investigadores e alunos dos três ciclos de estudos (Licenciatura, Mestrado e Doutoramento) nas referidas áreas.

Com vista à promoção da atividade científica realizada pelos estudantes nos ramos da Química e da Bioquímica, bem como ao estímulo da criação de novas colaborações interdisciplinares, o evento contou com 18 comunicações orais e 72 *posters*

científicos apresentados por alunos não só da FCUL (Ciências ULisboa) mas também de outras instituições nacionais (Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa; Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa; Instituto Superior Técnico; Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa; Instituto Hidrográfico; Instituto de Tecnologia Química e Biológica António Xavier, entre outras) e internacionais (*Northumbria University* – Reino Unido; *Sorbonne Université* – França). Um júri composto por professores do Departamento de Química e Bioquímica da FCUL (Ciências ULisboa) elegeu os melhores trabalhos apresentados, que foram distinguidos com um prémio monetário sob o patrocínio da Hovione. Sónia Santos (*Northumbria University*) recebeu o prémio de melhor

comunicação oral, Beatriz Lopes (*Biosystems and Integrative Sciences Institute*, Ciências ULisboa) foi distinguida com o prémio de melhor comunicação *flash*, enquanto Joana Terreiro (Centro de Química Estrutural, Ciências ULisboa) e Catarina Pinto (Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares, IST) receberam *ex-aequo* o prémio de melhor *poster* científico. A Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) também sorteou, de entre os participantes do encontro, a oferta do registo na 8.ª edição do *Portuguese Young Chemists Meeting*, que decorrerá em Vila Real de 17 a 19 de maio de 2023, tendo Adhan Pilon (Centro de Química Estrutural, Ciências ULisboa) sido o feliz contemplado.

O programa contou ainda com a participação do Professor António Parola, em representação da SPQ, bem como com duas sessões plenárias com enfoque em temas na interface da Química e da Bioquímica, proferidas pelos Professores Pedro Góis (iMed.Ulisboa, FFUL) e Inês Figueira (*NOVA Medical School*).

O programa terminou com uma discussão aberta em estilo mesa-redonda, subordinada ao tema de comunicação de ciência, com foco nos desafios que a próxima geração de cientistas enfrentará. Os participantes puderam abordar questões muito pertinentes nesta área e discuti-las com os especialistas Joana Lobo Antunes (Instituto Superior Técnico e Universidade NOVA de Lisboa), Adriano Cerqueira (Antena 1 e Universidade NOVA de Lisboa) e Vera Novais (Jornal Observador), sob a moderação de Marta Santos (rede de Comunicadores de Ciência em Ciências, Ciências ULisboa).

A elevada participação dos estudantes e dos investi-



Participantes da 2.ª edição do *Chem & Biochem Students Meeting*, na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

gadores e professores culminou num dia repleto de ciência, interdisciplinaridade e partilha de conhecimento.

A Comissão Organizadora da 2.ª edição do *Chem & Biochem Students Meeting* agradece o elevado apoio prestado pelo Departamento de Química e Bioquímica da FCUL (Ciências ULisboa) e pelas Coordenações dos Doutoramentos em Química e em Bioquímica da FCUL (Ciências ULisboa), agradecendo também aos seus 17 patrocinadores, entre os quais a Sociedade Portuguesa de Química, pois sem o seu contributo não teria sido possível realizar este encontro científico.

> **António J. Figueira**
ajffigueira@fc.ul.pt

> **João Franco Machado**
jmfmachado@fc.ul.pt

Prémio Investigador Sénior FISOCAT 2022 Atribuído a Maria Filipa Ribeiro

A Professora Maria Filipa Ribeiro, Professora Catedrática do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa e investigadora no Centro de Química Estrutural (CQE), é a vencedora da edição de 2022 do Prémio à Trajetória Científica em Catálise da FISOCAT (Prémio Investigador Sénior), atribuído pela Federação Ibero-Americana de Sociedades de Catálise, representada em Portugal pela Divisão de Catálise e Materiais Porosos da SPQ. O galardão distingue o trabalho científico de elevado mérito internacional realizado por um investigador Ibero-Americano, na área da Catálise, seus fundamentos e aplicações. Esta é a segunda vez que o Prémio Investigador Sénior FISOCAT é atribuído a um investigador português, depois da sua atribuição ao Professor José Luis Figueiredo em 2018.

O Prémio será entregue no XXVIII Congresso Ibero-Americano de Catálise (CICAT), que terá lugar em

Natal no Rio Grande do Norte (Brasil) entre 18 e 23 de setembro de 2022. A Professora Filipa Ribeiro apresentará uma comunicação plenária neste Congresso.

Mais informações acerca dos vencedores deste prémio disponíveis em fiq.unl.edu.ar/fisocat/premios3.htm.



Créditos: Débora NDM (IST-ULisboa) tecnico.ulisboa.pt/pt/noticias/professora-filipa-ribeiro-e-a-vencedora-do-premio-a-trajetoria-cientifica-em-catalise-da-fisocat

> **Bruno Machado**
brunofm@fe.up.pt

Prémio Internacional IUPAC-Solvay para Químicos Jovens 2022



Cruz



Dong



Ippolito



Jianbin



Sempionatto

A União Internacional de Química Pura e Aplicada e a Solvay anunciaram os vencedores do Prémio Internacional IUPAC-Solvay para Químicos Jovens 2022 para as melhores teses de Doutoramento na área da Química, com base em textos de 1000 palavras. Os cinco vencedores foram:

- Alexander John Cruz (Bélgica), “*Metal-organic frameworks by vapor deposition processes*”, *KU Leuven*, Bélgica;
- Yuyang Dong (China/Pequim, EUA), “*C-H Functionalization Catalysis Mediated by First-Row Transition Metal-Stabilized Ligand-Based Radicals*”, *Harvard University*, EUA;
- Stefano Ippolito (França), “*Defect engineering in 2D semiconductors: fabrication of hybrid multifunctional devices*”, *University of Strasbourg*, França;
- Li Jianbin (China/Pequim, Canadá), “*Development of novel C-H and C-O functionalization tools in the absence of noble metal*”, *McGill University*, Canadá;
- Juliane R. Sempionatto (EUA), “*Wearable Electrochemical Sensors for Non-Invasive Health Monitoring*”, *University of California*, San Diego, EUA.

Dada a elevada qualidade dos trabalhos, a Comissão de Avaliação decidiu também atribuir menções honrosas a:

- Xiang Shi (China/Pequim), *Fudan University*, China;
- Anirban Mondal (Países Baixos), *University of Groningen*, Países Baixos;
- Soraya Learte Aymamí (Espanha), *Universidad de Santiago de Compostela*, Espanha.

Cada vencedor receberá um prémio em dinheiro de \$1000 e será convidado a apresentar uma comunicação em painel no 49.º Congresso Mundial de Química da IUPAC, que decorrerá em Haia, Países Baixos, entre 20 e 25 agosto de 2023. Cada vencedor será também convidado a submeter um artigo de revisão sobre os aspetos críticos do seu tema de investigação, para ser publicado na revista *Pure and Applied Chemistry*.

Mais informações disponíveis em iupac.org/winners-of-the-2022-iupac-solvay-international-award-for-young-chemists.

>
Bruno Machado
 brunofm@fe.up.pt



Prémio *EuChemS Service* de 2021 Atribuído a Livia Sarkadi

O prémio *EuChemS Service* de 2021 foi concedido a Livia Simon Sarkadi como reconhecimento do seu compromisso e trabalho na promoção da Química na Europa, juntamente com as atividades e objetivos da *EuChemS*.

Lídia Sarkadi é Professora e Diretora da Escola Doutoral de Ciências dos Alimentos da *Hungarian University of Agriculture and Life Sciences*, presidente da Sociedade Húngara de Química desde 2011, e foi membro do Conselho Executivo da *EuChemS* até 2021. Como investigadora, contribuiu para a Qualidade e Segurança Alimentar, com particular ênfase em pro-

teínas e aminas biogénicas, e nos aspetos bioquímicos do stress abiótico nas plantas.

Os prémios *EuChemS Service* de 2019 (Ehud Keinan), 2020 (Antonio Laganà e Jan Mehlich) e 2021 (Livia Sarkadi) foram entregues aos vencedores durante o 8.º Congresso de Química *EuChemS* (ECC8), que decorreu em Lisboa entre 28 de agosto e 01 de setembro de

2022, para o qual foram convidados a proferir palestras. Mais informações acerca deste prémio disponíveis em euchems.eu/awards/award-for-service.

>

Bruno Machado
brunofm@fe.up.pt

Prémio *EuChemS Lecture* 2021 Atribuído a **Sílvia Osuna**

O Prémio *EuChemS Lecture* 2021 foi concedido à Professora Sílvia Osuna. Todos os anos são premiados os principais resultados atingidos por um investigador júnior que trabalha no campo da Química num país com uma organização pertencente à *EuChemS*.

Como Professora Investigadora do ICREA na *Universitat de Girona* (UdG), Sílvia Osuna trabalha na interface entre a Química Computacional e a Biologia. A sua investigação concentra-se no estudo de processos bioquímicos relacionados principalmente com a catálise enzimática. Atualmente está a trabalhar no desenvolvimento de novas ferramentas computacionais para prever que alterações nos aminoácidos são necessárias na estrutura da enzima para adicionar novas funções. O seu objetivo é facilitar o projeto computacional de novas enzimas para aumentar a sua utilização na indústria.

Sílvia Osuna e Victor Mougel, vencedores do prémio *EuChemS Lecture* de 2021 e 2020, respetivamente,



proferiram palestras plenárias convidadas no 8.º Congresso de Química *EuChemS* (ECC8) que decorreu em Lisboa entre 28 de agosto e 01 de setembro de 2022.

Mais informações acerca deste prémio disponíveis em euchems.eu/awards/lecture-award.

>

Bruno Machado
brunofm@fe.up.pt

Armando Pombeiro Eleito Membro da *Academia Europaea*

O Professor Armando Pombeiro foi eleito membro da *Academia Europaea* na Secção de Ciências Químicas. Esta é a primeira vez que um cientista português é eleito para a Secção de Ciências Químicas.

A *Academia Europaea* é uma academia europeia de grande dimensão, que visa premiar o avanço e a propagação da excelência académica, não só nas áreas das ciências naturais e tecnológicas, mas também das ciências económicas, sociais e políticas. O objetivo da *Academia Europaea* é promover a investigação europeia, aconselhar governos e organizações internacionais em questões científicas e promover a investigação interdisciplinar e internacional.

Mais informações disponíveis em ae-info.org/ae/Member/Pombeiro_Armando.



>

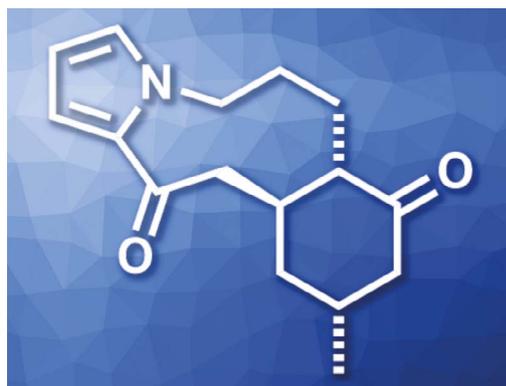
Bruno Machado
brunofm@fe.up.pt

Primeira Síntese Total Assimétrica de Huperzina H

Os alcaloides *Lycopodium* constituem uma grande família de produtos naturais com esqueletos heterocíclicos únicos, sendo conhecidos até agora mais de 300 compostos. Alguns deles apresentam atividade biológica, nomeadamente como inibidores da acetilcolinesterase. Por conseguinte, esta família de alcaloides continua a ter interesse em química de produtos naturais, em química sintética e em química medicinal.

A huperzina H (na figura), um novo alcaloide *Lycopodium*, foi isolado pela primeira vez em 1999 de *Huperzia serrata*, um tipo de musgo. Apresenta um esqueleto estrutural tricíclico com um anel de seis membros, um anel de nove membros e uma unidade pirrólica. O composto possui três centros estereogénicos, cujas configurações ainda não tinham sido estabelecidas.

Hayato Ishikawa (Universidade de Chiba, Japão) e colegas realizaram a primeira síntese total assimétrica de huperzina H. A equipa de investigação começou com (+)-pulegona, um composto comercial, o qual foi convertido a enona num processo em quatro passos. Por reação de Mukaiyama-Michael, o intermediário enona foi acoplado com um derivado de silil enol éter derivado de pirrol. O aduto resultante foi funcionalizado para obter um precursor de ciclização, a partir do qual o anel de nove membros foi formado. Por fim, as reações de desalogenação e dessililação originaram a huperzina H.



Crédito: ChemistryViews

O produto pretendido foi obtido em dez passos e com rendimento global de 12,1%. Com base na síntese assimétrica e na análise de difração de raios-X, os investigadores conseguiram atribuir a estereoquímica relativa e absoluta da huperzina H.

Fontes

First Asymmetric Total Synthesis of Huperzine H, chemistryviews.org/details/news/11335580/First_Asymmetric_Total_Synthesis_of_Huperzine_H.html (acedido em 23/01/2022).

S. Shiomi, K. Wilailak, W. Soutome, H. Takayama, M. Kitajima, H. Ishikawa, *J. Org. Chem.* **2022**, *87*, 3730–3735. DOI: 10.1021/acs.joc.1c02672.

>

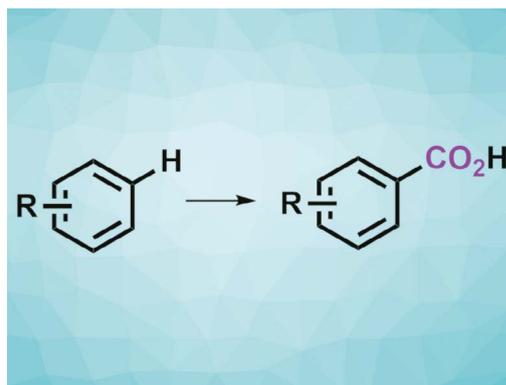
Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

Carboxilação Direta de C-H em Compostos Aromáticos

Os derivados polifuncionalizados de ácidos carboxílicos aromáticos constituem “unidades” estruturais importantes em síntese orgânica, nomeadamente com aplicação no desenvolvimento de fármacos e compostos agroquímicos. Por conseguinte, o desenvolvimento de protocolos de síntese práticos e eficientes, usando CO₂, barato, abundante e não tóxico, tem despertado muito interesse em química orgânica sintética como um método de carboxilação direta de ligações C-H em compostos aromáticos. No entanto, as abordagens existentes para este tipo de reação apresentam limitações em relação aos substratos que podem ser usados e à tolerância dos grupos funcionais presentes. Assim, torna-se útil o desenvolvimento de novos protocolos com uma maior abrangência para diferentes substratos.

Masanori Shigeno, Yoshinori Kondo (Universida-



Crédito: ChemistryViews

de de Tohoku, Sendai, Japão) e colegas utilizaram sistemas combinados de bases de Brønsted para as carboxilações C-H aromáticas com CO₂. Estes investigadores usaram LiO^tBu ou LiOCeMe₂ com CsF e 18-coroa-6 (um éter de coroa) como base/sistema aditivo e 1,3-dimetil-2-imidazolidinona (DMI) como solvente, sob atmosfera de CO₂. Com esta abordagem, converteram diversos arenos funcio-

nalizados nos ácidos carboxílicos correspondentes, os quais foram metilados usando MeI e obtidos na forma de ésteres metílicos.

Estes compostos foram obtidos com rendimentos moderados a bons, tendo sido tolerada uma gama ampla de grupos funcionais, incluindo halogénios, amidas, nitrilos, grupos nitro, sulfonas, sulfóxidos, sulfonamidas, cetonas e ésteres. Os derivados obtidos podem ser produtos ou intermediários úteis para transformações posteriores.

Fontes

Direct C-H Carboxylation of Aromatic Compounds, chemistryviews.org/details/news/11336406/Direct_CH_Carboxylation_of_Aromatic_Compounds.html (acedido em 23/01/2022).

M. Shigeno, K. Hanasaka, I. Tohara, K. Izumi, H. Yamakoshi, E. Kwon, K. N.-Kumada, Y. Kondo, *Org. Lett.* **2022**, *24*, 809-814. DOI: 10.1021/acs.orglett.1c03866

>

Ana Paula Esteves

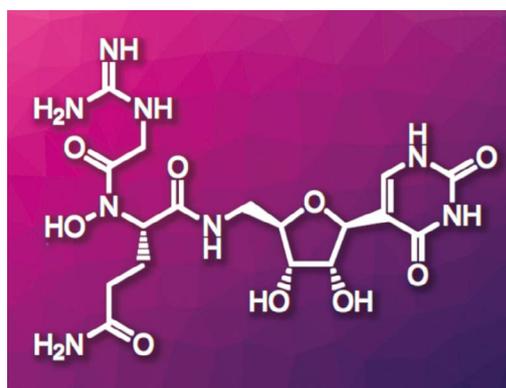
aesteves@quimica.uminho.pt

Síntese Total da Pseudouridimicina

A pseudouridimicina (na figura) é um antibiótico C-nucleósido, de ocorrência natural, isolado em 2017 de extratos de cultura de Actinobactéria derivados do solo. Este composto inibe a RNA polimerase bacteriana, que catalisa a transcrição do DNA em RNA, sendo essencial para a expressão genética. Esta atividade torna a RNA polimerase bacteriana um possível alvo para fármacos antimicrobianos.

Juan R. Del Valle (Universidade de Notre Dame, IN, EUA) e colegas realizaram a síntese total da pseudouridimicina e de três novos derivados. Este trabalho pode ser útil para o desenvolvimento de análogos de pseudouridimicina com melhor(es) estabilidade e/ou atividade biológica. Estes investigadores sintetizaram um derivado de β -pseudouridina protegido a partir de um derivado de D-ribonolactona. Este composto reagiu com o sal de lítio da 2,4-di-*terc*-butilpirimidina, seguindo-se uma redução, uma ciclização e a introdução de um grupo azida.

A unidade dipeptídica da pseudouridimicina foi obtida a partir de um derivado comercial da glutamina, o qual foi convertido em hidroxilamina e acilado. A condensação com uma amina primária derivada da β -pseudouridina funcionalizada com azida, seguida de desproteção, originou a pseudouridimicina pretendida. O produto foi obtido com rendimento global de 21% em dez etapas



Crédito: ChemistryViews

(sequência linear mais longa). Seguindo vias sintéticas semelhantes, os investigadores prepararam três análogos de pseudouridimicina que diferem do composto original na unidade dipeptídica. Esta modificação poderá ser útil para otimizar as propriedades da pseudouridimicina.

Fontes

Total Synthesis of Pseudouridimycin, chemistryviews.org/details/news/11336128/Total_Synthesis_of_Pseudouridimycin.html (acedido em 23/01/2022).

J. Del Valle, C. F. Cain, A. M. Scott, M. P. Sarnowski, *Chem. Commun.* **2022**, *58*, 2351-2354. DOI: 10.1039/d1cc07059b.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

Secadores de Roupa e Libertação de Microfibras no Meio Ambiente

Os têxteis podem libertar microfibras, por exemplo, durante a lavagem. As microfibras libertadas por materiais têxteis sintéticos, nomeadamente poliéster, podem contribuir significativamente para a poluição por microplásticos, não só da água, mas serem também

transportadas pelo ar. A formação de microfibras no processo de lavagem tem sido estudada, contudo há muito menos informação sobre a libertação para o ar destas microfibras associadas ao funcionamento e abertura de secadores de roupa domésticos.

K. M. Y. Leung (City University de Hong Kong, Kowloon, Hong Kong SAR, *Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory*, Zhuhai, China) e colegas quantificaram o número de microfibras de têxteis comuns (poliéster e algodão) libertadas para o ar por uma máquina de secar doméstica ventilada. Este grupo de investigação secou separadamente diferentes tipos de tecidos de poliéster ou de algodão (calças, T-shirts, casacos, cobertores, etc.), tendo usado uma bomba de vácuo ligada a um amostrador de ar para recolher, utilizando filtros de fibra de vidro, as microfibras que fossem libertadas para o ar durante o processo de secagem. As microfibras têxteis recolhidas foram contadas ao microscópio permitindo estimar o número total de fibras libertadas por 1 kg de têxteis.



Crédito: ChemistryViews

Os investigadores verificaram que podem ser libertadas cerca de 94 000 e 72 000 microfibras a partir de 1 kg de tecidos de poliéster e algodão, respetivamente, em 15 minutos. Estes valores são superiores aos reportados para as fibras libertadas durante o processo de lavagem. Numa casa em que se façam 219 cargas de roupa num ano, o secador de roupa pode libertar de 9×10^7 a 12×10^7 microfibras nesse período de tempo. Em particular, as microfibras de poliéster podem acumular-se no meio ambiente, enquanto as microfibras de algodão natural não são tão persistentes. Os investigadores referem que a libertação de microfibras pelas máquinas de secar roupa pode ser minimizada pela instalação de dispositivos de filtragem nas aberturas dos secadores.

Fontes

Dryers Can Release Microfibers into the Environment, chemistryviews.org/details/news/11334887/Dryers_Can_Release_Microfibers_into_the_Environment.html (acedido em 23/01/2022).

D. Tao, K. Zhang, S. Xu, H. Lin, Y. Liu, J. Kang, T. Yim, J. P. Giesy, K. M. Y. Leung, *Environ. Sci. Technol. Lett.* **2022**, 9, 120–126. DOI: 10.1021/acs.estlett.1c00911.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

Novo Isótopo de Magnésio

Kyle Brown (Universidade do Estado de Michigan – MSU, East Lansing, EUA) e colegas descobriram um novo isótopo de magnésio, o magnésio-18. Com 12 prótons e apenas seis neutrões no seu núcleo, é o isótopo de magnésio mais leve alguma vez encontrado. É radicalmente instável e de vida muito curta, com um tempo de meia-vida inferior a 10^{-21} segundos.

Os investigadores aceleraram um feixe de núcleos de magnésio-24 (o isótopo estável de magnésio mais comum) a cerca de metade da velocidade da luz no Laboratório Nacional de Ciclotrão Supercondutor da MSU, um acelerador circular de partículas de ultra-alta energia. Neste estudo, dispararam o feixe de alta velocidade de núcleos de magnésio para um alvo constituído por berílio. A colisão produziu isótopos de magnésio mais leves, incluindo o isótopo instável magnésio-20, que contém apenas oito neutrões por núcleo e com decaimento radioativo de apenas alguns décimos de segundo. Por sua vez, os núcleos de magnésio-20 foram disparados a cerca de metade da velocidade da luz também para um alvo de berílio. Um dos produtos da colisão resultante foi o magnésio-18.

O tempo de vida deste isótopo (^{18}Mg) é tão curto que decai dentro do alvo de berílio, pelo que os investigadores deduziram a sua presença a partir dos



Crédito: ChemistryViews

produtos indicadores do seu decaimento: prótons dispersos e os isótopos neon-16 e oxigénio-14.

Fontes

New isotope of magnesium, chemistryviews.org/details/news/11333994/New_Isotope_of_Magnesium.html (acedido em 23/01/2022).

Y. Jin, C. Y. Niu, K. W. Brown, Z. H. Li, H. Hua, A. K. Anthony, J. Barney, R. J. Charity, J. Crosby, D. Dell'Aquila, J. M. Elson, J. Estee, M. Ghazali, G. Jhang, J. G. Li, W. G. Lynch, N. Michel, L. G. Sobotka, S. Sweany, F. C. E. Teh, A. Thomas, C. Y. Tsang, M. B. Tsang, S. M. Wang, H. Y. Wu, C. X. Yuan, K. Zhu, *Phys. Rev. Lett.* **2021**, 127, 262502. DOI: 10.1103/PhysRevLett.127.262502.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

Plasticvalor – Desenvolvimento de Metodologias Eficientes e Económicas para a Despolimerização Redutiva e Valorização de Resíduos Plásticos

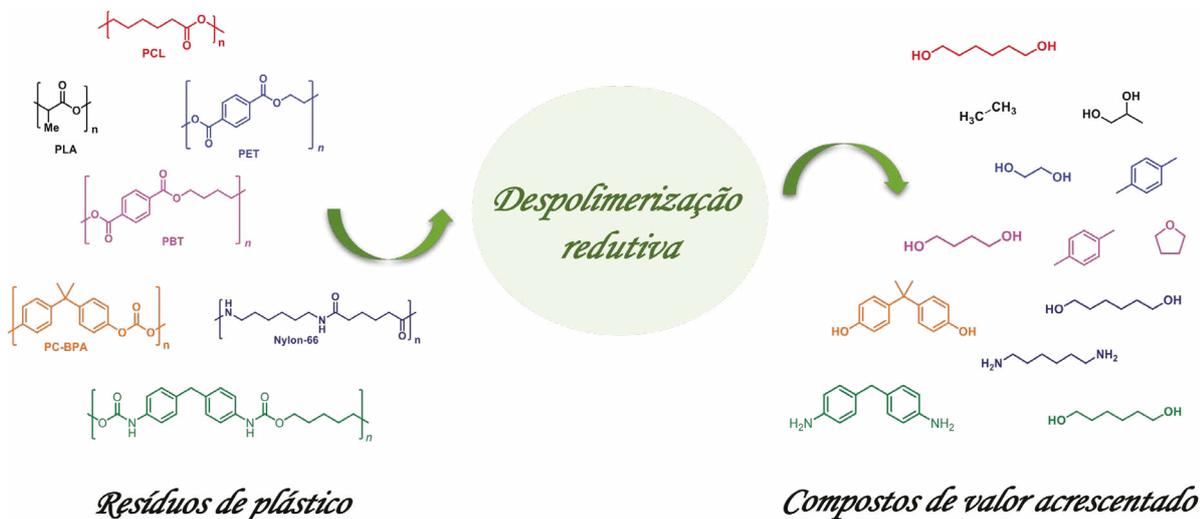
>
Vasco Bonifácio
 vasco.bonifacio@tecnico.ulisboa.pt

Os plásticos desempenham um papel importante na melhoria do nosso estilo de vida em vários setores como nas embalagens, construção, indústria automóvel, brinquedos, calçado, móveis, produtos elétricos e eletrónicos, agricultura e medicina. Viver sem os plásticos é quase impossível. Como consequência, o enorme consumo de plásticos tem levado à produção de resíduos que se acumulam nos aterros e nos oceanos, tornando-se num dos maiores problemas a nível global. Por outro lado, os resíduos plásticos estão entre os materiais residuais mais valiosos e podem ser considerados como uma fonte potencialmente barata para a produção de produtos de valor acrescentado ou matérias-primas para várias indústrias.

Nesse contexto, o desenvolvimento de métodos de despolimerização seletiva para a fragmentação dos resíduos de plástico nos seus monómeros ou

em produtos químicos de valor acrescentado surge como uma estratégia promissora e também como uma área de pesquisa emergente.

O principal objetivo deste projeto consiste no desenvolvimento de novos métodos económicos e eficientes para despolimerização reductiva e a valorização de vários resíduos de plástico, incluindo poliésteres, poliamidas e policarbonatos em compostos de valor acrescentado, usando catalisadores homogéneos e heterogéneos de metais não tóxicos e baratos. Este projeto está a ser executado por uma equipa multidisciplinar que inclui investigadores seniores e jovens das áreas da química orgânica, inorgânica e análise estrutural. Este projeto contribuirá certamente para o desenvolvimento de novas aplicações para os resíduos de plástico, melhorando a economia circular e o ambiente.



>
Ficha Técnica do Projeto

Ana Cristina Fernandes

Acrónimo: Plasticvalor

Financiamento: Instituto Superior Técnico para a Investigação e o Desenvolvimento (IST-ID) – PTDC/QUI-QOR/0490/2020.

Equipa: IST-ID – Ana Cristina Fernandes (IR), João Paulo Telo, Maria da Conceição Oliveira.

FCiências.ID – Carla Nunes (Co-IR).

Please join us in congratulating Chemistry Europe Fellows Class 2020/2021

Chemistry Europe – a partnership of 16 European chemical societies – established this fellowship to honor extraordinary contributions.



Lutz
Ackermann



Carlos A. M.
Afonso



Angela
Agostiano



Nicola
Armaroli



Pablo
Ballester



Tatiana
Besset



Vlasta
Brezová



Radek
Cibulka



Ivana
Čisářová



Fernando P.
Cossio



Jeanne
Crassous



Damien
Debecker



Célia
Fonseca Guerra



Sonja
Herres-Pawlis



Patrik
Johansson



Péter
Kele



Christoforos
Kokotos



Janusz
Lewiński



Stefan
Matile



Belén
Martín-Matute



Nuno
Maulide



Tatjana
Parac-Vogt



Floris
Rutjes



David
Spichiger



Anabela A.
Valente



Peter Göllitz
Honorary Fellow



Eva E. Wille
Honorary Fellow

A Propósito do Número 4*

>
Jorge Calado

Reflections on the Number 4. Taking as a starting point the title of the IX Meeting of the Chemistry Teaching and Communication Division of the Portuguese Chemical Society “Chemistry 4.0: Education and Communication Towards Inclusion and Literacy” a discourse on the importance of clear science communication in the present time of fake news and fake science. After a brief reference to Bertrand Russell’s Liberal Decalogue, the author discusses the four industrial revolutions and their impact on society, the importance of the correct use of language in communicating science, the Gaia hypothesis, the role, and responsibility of Homo sapiens as the most evolved species and the complexity of current problems like climate change and micro and macropollution.

A propósito do título do IX Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química da Sociedade Portuguesa de Química - “Química 4.0: Educar e Comunicar para a Inclusão e Literacia(s)” -, uma digressão sobre a necessidade de uma linguagem rigorosa e clara na comunicação da ciência nos tempos atuais de notícias e ciência falsas. Após uma breve referência ao Decálogo Liberal de Bertrand Russell, seguem-se discussões das quatro revoluções industriais e do seu impacto na sociedade, bem como da importância do uso correto da língua na comunicação da ciência, da hipótese de Gaia, do papel e responsabilidade da Homo sapiens como espécie mais evoluída e da complexidade dos problemas das alterações climáticas e das micro e macropoluções.

Quatro

Sem ser primo, quatro é um número especial. Recorde-mos os quatro elementos dos Gregos – terra, água, ar e fogo – ou, o que é quase o mesmo, os quatro estados da matéria, sólido, líquido, gás e plasma; as quatro valências do carbono; as quatro bases nitrogenadas do ADN (adenina, guanina, timina e citosina); as quatro operações da aritmética (adição, subtração, multiplicação e divisão); o teorema das quatro cores (como no símbolo do Google); as quatro coordenadas do espaço-tempo relativista, x , y , z , ict (onde i é a unidade imaginária e c a velocidade da luz no vácuo, uma constante universal); as quatro forças fundamentais (eletromagnética, gravítica, e as duas forças nucleares, forte e fraca); as quatro pernas das mesas e cadeiras e as quatro rodas dos automóveis; os quatro cantos de uma casa; as palavras de quatro letras em inglês, como *shit* (que em português tem cinco); o número de cordas de um violino, violeta, violoncelo e contrabaixo; os membros de um quarteto de cordas; os quatro andamentos das sinfonias; os quatro pontos cardeais; as quatro estações do ano; os quatro temperamentos (sanguíneo, colérico, melancólico e fleumático); as quatro virtudes cardeais (justiça, prudência, temperança e fortaleza); os quatro naipes de cartas (copas, espadas, paus e ouros); os quatro estados ou poderes (política, administração, justiça e jornalismo); os quatro evangelistas (Mateus, Marcos, Lucas e João); os quatro

cavaleiros do Apocalipse (Morte, Destruição, Peste e Fome, portadores do SARS-CoV-2), etc.

O que é isto? Apenas a definição do número QUATRO na frase lapidar do grande matemático, filósofo e ativista da primeira metade do século XX, Bertrand Russell (Figura 1), Prémio Nobel de Literatura em 1950 “em reconhecimento dos seus escritos variados e importantes em defesa dos ideais humanitários e da liberdade de pensamento”. Aqui fica a definição: “o número (de elementos) de um conjunto é o conjunto de todos os conjuntos que lhe são semelhantes”. Alguns dos meus antigos alunos recordar-se-ão que no princípio do ano letivo eu lhes distribuía o Decálogo Liberal que, como professor, Russell gostaria de promulgar. Publicado pela primeira vez em 1951 no *New York Times Magazine* sob o título “A Melhor Resposta ao Fanatismo: Liberalismo”, o primeiro mandamento ordena: “Não te sintas absolutamente certo de nada”. Eis a essência do método científico: dúvida de tudo para acertares nalguma coisa. Mas os outros mandamentos são igualmente irrecusáveis, por exemplo, “Nunca desistas de pensar, porque só assim terás sucesso” (3), ou “Descobre mais prazer na discordância inteligente do que na concordância passiva, porque se valorizares, como deves, a inteligência, a primeira implica uma concordância mais profunda do que a segunda” (8).

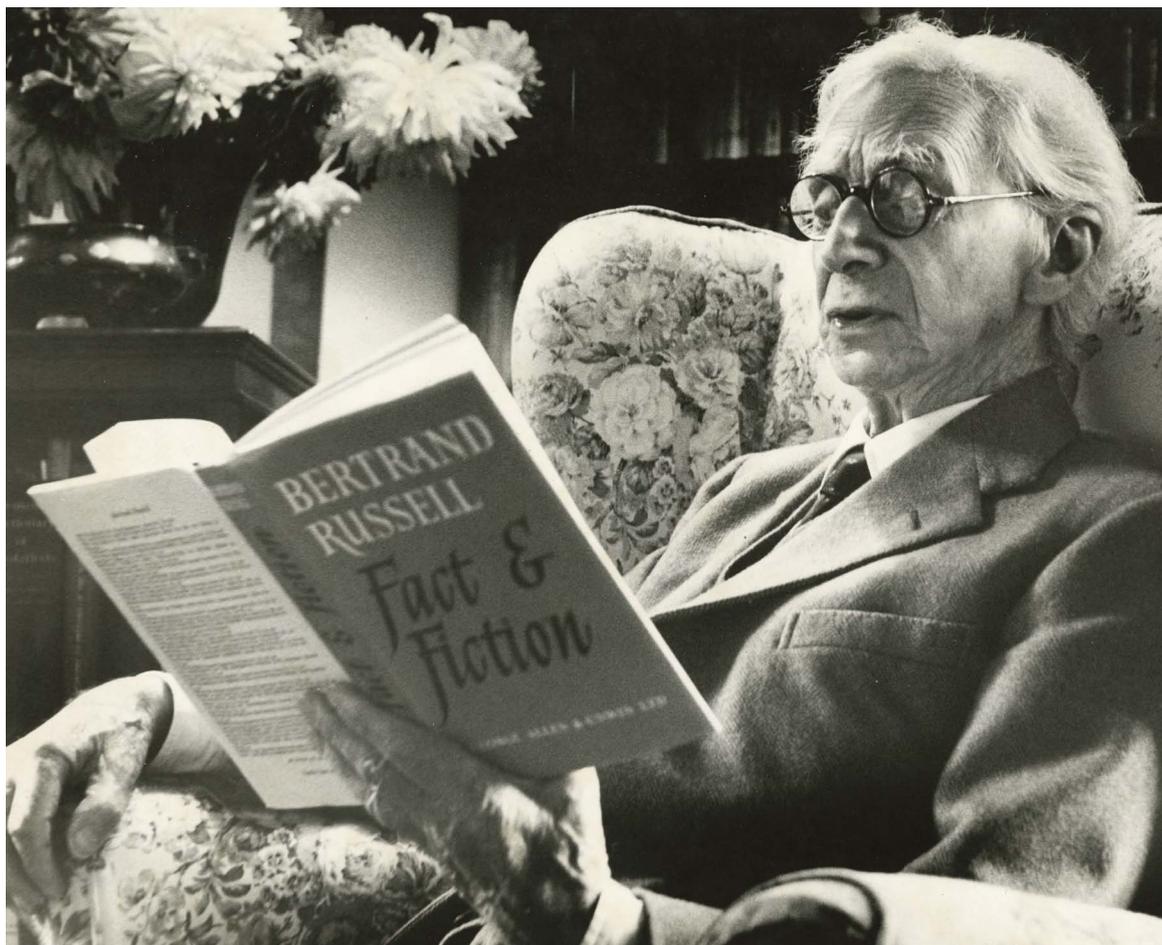


Figura 1 - Retrato de Bertrand Russell por Otto Karminski, 1961. © The Wildlife Trust of South and West Wales; cortesia do Museu do Neo-Realismo, Vila Franca de Xira.

Quatro revoluções?

Neste Encontro subordinado ao tema “Química 4.0: Educar e Comunicar para a Inclusão e Literacia(s)”, o meu propósito é discorrer sobre a educação e comunicação químicas. Quatro é um número; 4.0 é uma americanice. Deriva da velha classificação das disciplinas no sistema universitário americano com números por ordem crescente de complexidade. Haverá Química 1.0, 2.0, 3.0 etc., ou 231, etc., se for uma classificação mais especializada. O Zé vai com os outros, em vez de tentar pensar de maneira diferente, mais adequada à nossa cultura e situação. Na verdade, parece que o 4.0 do título deste IX Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química está associado à Quarta Revolução Industrial, a da Transformação Digital (que outros dizem que é a terceira). 4.0 fia mais fino do que simplesmente 4; ou será que podemos esperar minirrevoluções do tipo 4.1, 2.2, etc.? Se estamos na quarta, quais foram as outras três? Uma rápida consulta na internet revela a confusão. Se há consenso quanto à primeira, que ocorreu entre

1750-1850, caracterizada pela substituição de uma matéria-prima, a madeira, pelo ferro, graças ao uso do carvão e da combustão que também alimentava as máquinas a vapor, as restantes variam conforme o gosto. A propósito: parece que a primeira revolução atingiu finalmente o término, pelo menos em Portugal. No dia 19 de novembro, precisamente uma semana antes deste Encontro, a Central do Pego, em Abrantes, terminou as operações. Por cá, já não se produz eletricidade a partir do carvão. Ámen.

Recapitulemos então as outras revoluções. O que as determina? Progressos na produção de energia, transporte, comunicação, automação e, cada vez mais, na genética. Houve a revolução do gás – derivada da primeira revolução industrial – por volta de 1800, que resolveu os problemas da iluminação urbana (entretanto esquecida), e depois a revolução provocada pela invenção do motor elétrico (década de 1820) e pela descoberta da indução elétrica (década de 1830), ambas por Michael Faraday, que parece

que também não conta. Fala-se na generalização do caminho-de-ferro com as locomotivas a vapor e das invenções do telégrafo (na primeira metade do século XIX), e do telefone mais motor de combustão interna (na segunda metade do mesmo século) que terão motivado a segunda revolução. No século XX temos o desenvolvimento da eletrônica com a invenção do transistor na década de 1940 e do circuito integrado na década seguinte, a que é costume associar a emergência da energia nuclear. Mas o que é que o dito rabo (do transistor) tem a ver com as calças (do nuclear)? Sem esquecer a automação e a (lenta) passagem do analógico para o digital. Esta terá sido a terceira revolução industrial: eletrônica, uso da energia nuclear para o bem e para o mal, computador, nascimento da era digital. Mas que salgalhada, tão longe da clareza poluída da Primeira Revolução Industrial... Finalmente a Quarta, na transição dos séculos XX/XXI, com a internet, a robótica, as energias renováveis, a inteligência artificial, a manipulação genética, e novamente a digitalização que afinal tinha começado nos anos 1950. Noto que as sucessivas revoluções foram surgindo cada vez mais tresmalhadas e complexas, ao sabor das *soundbites*. A quarta revelar-se-á certamente como a mais perigosa de todas porque envolve a vida humana! Sem esquecer que todas as revoluções foram atravessadas e estimuladas pelas descobertas de novos materiais como o cimento, o aço, os corantes, os polímeros, os plásticos, os semicondutores, o *chip* de silício, etc., que tornaram possível o impossível, por exemplo, passar da Pirâmide de Gizé ao *Empire State Building*. A primeira revolução trouxe a poluição, a segunda a desflorestação, a terceira a ameaça nuclear, e a quarta o fantasma da superinteligência artificial que poderá escravizar a espécie humana. Entretanto, todas as revoluções (industriais) contribuíram para a irreversível crise climática. Porquê? Porque o mundo mais próspero e desenvolvido descambou num egoísmo sem freios. Os Portugueses, porém, contentam-se com a inveja.

As quatro revoluções são uma treta, não no impacto, mas no número. Todos gostamos de estar no meio de uma revolução de progresso, mas a verdade é que o avanço científico e técnico (industrial) é incremental, isto é, determinado por descobertas ou invenções isoladas, muitas vezes acidentais. Acredito no génio de indivíduos e no papel da sociedade em pôr as criações inovadoras ao serviço da humanidade. Celebremos pois o engenho – isto é, a máquina – de Newcomen e os aperfeiçoamentos de James Watt, o motor elétrico de Faraday, o *penny black* (1840) de Sir Rowland Hill (o primeiro selo postal no mundo, que revolucionou a comunicação escrita; um exemplar foi leiloadado pela Sotheby's em 7 de dezembro de 2021 com uma estimativa de 6 milhões de libras),

o fecho-éclair de Whitcomb Judson (mais tarde aperfeiçoado por Gideon Sundbäck), a descoberta da estrutura do átomo por Ernest Rutherford (o físico que ganhou o Prémio Nobel de Química em 1908; só uma mulher, Marie Curie, ganhou os dois, de Física e de Química), a decifração da estrutura do ADN por Rosalind Franklin, Maurice Wilkins, Francis Crick e James Watson, o desenvolvimento do circuito integrado (*chip*), a construção do laser por Theodor Maiman, a confirmação experimental do bóson de Higgs, a sequenciação de genomas, a borboleta cujo bater das asas num jardim perto de nós provoca um tufão na China, etc.

Crescimento exponencial

Um aspeto curioso das revoluções industriais é que podemos estar dentro delas sem dar por nada. Falamos agora da Terceira Revolução, a do nuclear e dos computadores, que rebentou nos anos 1960. Confesso que não dei por ela. Estava em Inglaterra a doutorar-me em química-física, usava o imponente computador da Universidade, alojado em edifício próprio, para os meus cálculos complicados, mas as marcas que recordo, ensombradas pela invasão soviética da antiga Checoslováquia que estrangulou a Primavera libertária de Praga, são o *Flower Power* da juventude, o *Make Love, Not War*, a canção dos Beatles “Lucy in the Sky with Diamonds” (LSD) do álbum “Sgt. Pepper’s Lonely Hearts Club Band” (1967) e, claro, o filme “2001 – Uma Odisseia no Espaço” (1968), de Arthur C. Clarke e Stanley Kubrick, que não só antecipou em um ano a chegada do Homem à Lua, como os problemas da Inteligência Artificial. Mal sabia eu que quatro décadas depois haveria de frequentar o apartamento onde Clarke escreveu o romance e o guião do filme no lendário Chelsea Hotel de Nova Iorque, tema de uma canção de Leonard Cohen. Todavia o mundo acelerava. Até em Portugal: Salazar caiu da cadeira e o 25 de Abril estava na forja (para usar uma expressão industrial).

Vem de então a ideia pateta de que nunca o progresso fora tão rápido. Uma ideia que se tornou num dos chavões dos nossos dias. Que eu saiba, o único progresso rapidíssimo e espetacular deu-se na primeira metade dos anos 1940 com a construção da bomba atómica em 1945, responsável também pela aceleração da especialização científica. Um progresso determinado por uma questão de vida ou morte: o primeiro a construir a bomba ganharia a guerra mundial. Na realidade, a menos que o progresso seja linear, $y = ax$ (onde x é a variável tempo), a derivada aumenta sempre com o decorrer do tempo, isto é, o desenvolvimento é sempre cada vez mais rápido. Nem é preciso ser exponencial; basta ser parabólico, $y = ax^2$. “Exponencial” tem um significado preciso

que convém não abastardar (ou aplicar a torto e a direito). Este tremendo progresso não é de hoje, é dos últimos 250 anos. A única diferença é que atualmente a Humanidade dispõe de múltiplos meios capazes de extinguir a vida inteligente na Terra. Os nossos antepassados do século XVIII, boquiabertos com o que viam, ouviam e experimentavam, foram os primeiros a julgar que nunca as mudanças tinham sido tão velozes. Um dado apenas: em 1730, na zona industrial de Inglaterra, havia apenas cerca de cinquenta engenhos de Newcomen, uma forma primitiva, mas bela da máquina a vapor; cinquenta anos depois operavam mais de 450. Assim nasceu o conceito de sublime, isto é, do belo medonho.

Ideias feitas, slogans e chavões

A linguagem reflete o pensamento, como explicou Mario Vargas Llosa, Prémio Nobel de Literatura em 2010 “pela sua cartografia das estruturas do poder e pelas suas incisivas imagens da resistência, revolta e derrota individuais”. Para mim, falar e escrever usando uma linguagem clara e acessível, sempre foi um sinal de bem-pensar. Assim como as faces luzidas de um cristal refletem a ordem atômico-molecular subjacente, a linguagem certa significa uma mente arrumada, com ideias bem estruturadas. Lembro-me da frustração dos meus primeiros anos de investigação científica, quando tentava sintetizar novos compostos orgânicos capazes de complexar metais e obtinha uma pasta amorfa não-cristalina. Foi isto, em parte, que me levou a reorientar o meu percurso de químico-investigador para os líquidos moleculares, constituídos por moléculas simples, de poucos átomos. O primeiro sistema que estudei foi a mistura de cripton com metano, e depois cripton com xénon, moléculas esféricas ou quase-esféricas, duas delas monoatómicas. As dificuldades eram agora técnicas: baixas temperaturas, da ordem dos 180 °C negativos (90 K) ou ainda mais baixas, e muito altas pressões, até 10 000 bar (quando um dos componentes era o hidrogénio). Embora raro – uma parte por milhão, em volume, na atmosfera – o cripton é usado nas lâmpadas e faróis fluorescentes e na fotografia de alta velocidade; quanto ao metano, predomina nos mares que cobrem uma parte significativa de Titã, o mais interessante satélite de Saturno. (Para mencionar apenas duas aplicações em que estive envolvido.)

A fala e a escrita são as formas audível e visual do pensamento. Quem bem pensa, procura a palavra certa e conversa e escreve com segurança, essencial num bom docente. A vantagem é que tudo isto pode ser treinado no dia-a-dia e nas situações mais comecinhas. Assim se desenvolve o sentido crítico, essencial ao pensamento científico. Acredito também que a primeira responsabilidade de um(a) professor(a) é para com os

alunos menos cultos e dotados. Os outros safam-se sempre em qualquer parte do mundo. Desperdiçar a pedagogia da palavra correta é contribuir para a exclusão de quem deve ser protegido e acarinhado. Todas as palavras têm uma história para contar. Quando e onde apareceram? Que significam? Em ciência, o culto da etimologia é fundamental. Talvez seja até o primeiro gancho para despertar o interesse e o gosto do estudante! Quantos dos presentes terão investigado as origens obscuras da palavra *química*? Do grego *χημια* (quemia) que significa juntar ou agregar (comum à prática das preparações químicas), um termo por sua vez associado ao nome do Egito antigo, *Kemet*, e à cor escura do solo (terra) egípcio (e às artes negras da al-químia). Um nome predestinado na medida em que hoje percebemos a química como a arte de associar átomos para formar moléculas.

Muitos dos melhores cientistas que conheci, incluindo vários Prémios Nobel de Química eram/ são grandes escritores. Mesmo em Portugal, o meu mestre A. Herculano de Carvalho distinguiu-se como poeta e tradutor de poetas em quatro idiomas e como dramaturgo modernista. É um prazer ler as cartas do químico Michael Faraday, do matemático G(odfrey) H(arold) Hardy ou do físico Albert Einstein. Ou, mais perto de nós, os livros de Richard Feynman, Prémio Nobel de Física em 1965 pelo seu “trabalho fundamental na eletrodinâmica quântica, com profundas consequências na física das partículas elementares”, ou do escritor e ex-editor (durante 20 anos) da revista *Nature*, Philip Ball, autor de “Massa Crítica – Como uma Coisa nos Leva a Outra” (2004) e de “Curiosidade: Como a Ciência Ficou Interessada em Tudo” (2016). O que me assusta é a tendência de vários cientistas para falarem difícil a fim de se “dadares” – uma expressão que remonta ao século XVIII quando os químicos estudavam gases (a que davam o nome de ares) – enquanto outras supostas elites constroem novas línguas, do eduquês ao spinês, numa tentativa vã de tornarem científico aquilo que é apenas conhecimento (às vezes inútil). A ciência ou é matematizada (incluindo a estatística) ou não é ciência. Eu sei que todo o conhecimento aspira à condição de ciência, assim como em 1873 o ensaísta e crítico de arte Walter Pater escreveu que “toda a arte aspira constantemente à condição de música”, isto é, pura abstração. A matemática pode existir por si própria, sem se preocupar com as aplicações. As outras ciências precisam da matemática para afirmar o seu carácter quantitativo. A matematização é a música da ciência.

Isto leva-me a salientar aqui a beleza das ciências. Como professor, nunca tive vergonha de mostrar aos alunos que o que distinguia a ciência, nomeadamente a química, das outras classes de conhecimento, era uma beleza própria, em grande parte derivada da

matemática. Ensinava química-física, isto é, química matematizada, como são os casos da química quântica, espectroscopia molecular, cinética química ou mecânica estatística. Recorria à música, pois claro, mas também à literatura, à pintura e, às vezes, à escultura e arquitetura para demonstrar os equivalentes artísticos de muitas descobertas científicas. Por exemplo, a continuidade dos estados líquido e gasoso prevista pela equação (1873) do neerlandês Johannes Diderik van der Waals, mas antecipada nas pinturas do inglês J. W. M. Turner umas décadas antes; a atomização da linguagem e da gramática na poesia do francês Stéphane Mallarmé, ou o pontilismo da pintura dos também franceses Georges Seurat e Paul Signac, contemporâneos da mecânica estatística do austríaco Ludwig Boltzmann, autor da bela equação definidora da entropia, $S = k \ln W$ (onde k é a constante universal de Boltzmann e W aquilo a que se pode chamar a probabilidade termodinâmica). (Não há certezas na estatística...) Quando chegava à Tabela Periódica (construída por Dmitri Mendeleev em 1869), era um regalo: o supremo encanto da ordenação, da casa arrumada da química, com um lugar para cada átomo, e cada átomo no seu lugar. A tal beleza cristalina que referi mais atrás. Afinal, a ciência é arte, por outros meios. Por outro lado, nunca esqueci o aforismo do já mencionado Rutherford: “se não conseguires explicar um pedaço de física a um(a) empregado(a) de um bar, é porque não presta, como física”. Quem sabe a fundo da sua ciência, pode explicar tudo – mais ou menos aproximadamente – com invulgar clareza. Devo acrescentar que funciona aqui uma espécie de Princípio de Incerteza da Pedagogia: a explicação terá de ser tanto mais aproximada quanto menor for a cultura científica do explicando.

Enquanto alguns sábios pretensiosos vão complicando as coisas com a sua linguagem hermética – ainda me lembro do infamoso TLEBS (Terminologia Linguística para os Ensinos Básico e Secundário) de 2004 que teve vida curta – todos vamos alegremente desmoronando a língua com o uso e abuso de *slogans*, *chavões* e *lugares-comuns*. Quantas vezes ouvirem nesta semana expressões como “na linha da frente” ou “em cima da mesa”? Ou palavras como “resiliência”, aplicada a torto e a direito? (Enquanto escrevo estas notas, ouço a ministra da saúde a acusar os médicos de falta de dita... resiliência.) As palavras da moda vão mudando para que fique tudo na mesma. Adjetivamos sem pensar no respetivo significado. Popularizamos contradições como “um grande beijinho”, que não é senão um grande pequeno beijo, isto é, um simples beijo. Traduzimos mal: *mobile phone* ficou telemóvel (quando o que é móvel é o “fone”, não o “tele”). (Prefiro chamar-lhe télélé ou teleESTOU.) As pessoas podem ainda não ser números, mas os doentes passaram

a utentes (do SNS) e as profissões desapareceram para dar origem a operacionais e/ou profissionais. A democratização no seu pior, a perda da riqueza da língua, o apagamento do indivíduo, a generalização parva do que é diferente. (Os operacionais tanto podem ser enfermeiros como bombeiros ou encarregados da recolha de lixo.) A monotonia politicamente correta instalou-se. Ao ouvir governantes e governados, ao vivo e em pessoa ou na televisão, lembro-me dos contos de fadas onde os malfadados quando abriam a boca bolsavam, além dos habituais perdigotos, sapos, aranhas, lacraus, cobras e lagartixas... Salvo seja.

A última espécie

O nosso drama como espécie em vias de desaparecimento é o facto de ocuparmos o topo da escada evolutiva. Não haverá outra espécie mais evoluída do que a nossa para nos proteger, nem acredito que a próxima SuperInteligência Artificial (SIA) seja benéfica. Evoluímos tanto e o cérebro aumentou de tal forma as suas possibilidades cognitivas e criativas, que nos tornámos uma espécie preguiçosa, sem necessidade de evoluir mais para dar origem a outras espécies mais adaptadas e inteligentes. Em vez disso fomos criando próteses e aparelhos que funcionam como extensões do nosso corpo: óculos e lentes de contacto, aparelhos auditivos e implantes de condução óssea, dentaduras, bengalas, cadeiras de rodas e membros artificiais, *pacemakers*, computadores pessoais, telefones móveis, etc. Não precisamos de asas; temos aviões, tal como nos deslocamos em carros (em breve, sem condutor). A evolução das espécies por seleção natural terminou com a nossa, *Homo sapiens*. O pior é que também regredimos e nos transformámos em aprendizes de feiticeiro. Deixámos de observar e de interatuar com o mundo à nossa volta para concentrarmos todas as atenções no ecrã do telefone móvel. Se, como espécie evoluída tivéssemos milhões de anos à nossa frente – o que sinto como impossível – creio que o nosso polegar se desenvolveria e fortaleceria para melhor lidar com a obsessão das SMS ou mensagens curtas.

A preguiça estendeu-se à memória. Sou do tempo em que na escola primária tínhamos de decorar não só a tabuada de multiplicação como listas de rios, serras e estações de caminho-de-ferro; na secundária, trechos de poesia e prosa, em português, francês e inglês, etc. É por estas e por outras que na universidade (estudei engenharia química no Instituto Superior Técnico) aprendi logo a Tabela Periódica de cor. Hoje nada disto é preciso, pois está tudo à distância de um clique na internet. Será que conseguimos fazer a triagem e distinguir entre o verdadeiro e o falso, entre a realidade e a ficção? E se estivermos numa ilha deserta ou, sem rede, em montanhas e locais remotos? E se houver um apagão ou um ataque cibernético,

cada vez mais prováveis? A memória, essencial ao raciocínio e inovação, tem de ser treinada porque pensamos e inovamos por associação de imagens – chama-se a isto imaginação. Ora só podemos associar aquilo que conhecemos ou de que nos lembramos... A memória é fundamental para um bom desempenho na era digital, mas tem de ser treinada na infância e juventude. É algo que nunca mais se perde, como o saber andar de bicicleta.

Infelizmente multiplicam-se os estudos que mostram que a dependência acrítica da internet atrofia a capacidade de raciocínio e de criação. Uma meta-análise relativamente recente (fevereiro de 2019), envolvendo 2922 participantes em quarenta estudos, publicada no *British Journal of Psychology*, revelou uma acentuada deficiência cognitiva no uso problemático da internet (PIU), deficiência essa independente da idade, sexo ou localização geográfica. O problema é geral e só deve ter aumentado com os confinamentos impostos pela pandemia da COVID-19. Já encontrei jovens que não sabem orientar-se com um mapa porque têm o GPS, e outras que desconhecem quantos elementos cabem numa dúzia, e muito menos que a base de doze na aritmética seria mais útil por 12 ser divisível por três, a conta que Deus fez (não fosse o caso de termos nascido com cinco dedos em cada mão). Em vez da evolução natural temos em curso uma regressão cognitiva, confirmada pelo estado do mundo. Lenta, mas fatalmente o progresso transformou-nos em robôs – uma palavra que apareceu pela primeira vez na peça “R.U.R” (Robôs Universais de Rossum, 1920), do escritor checo, Karel Capek. (O nome robô foi inventado pelo irmão, Josef.) Só sabemos o que está na Net, só trabalhamos com a ajuda de máquinas (calculadoras, GPS, telemóveis, etc.), perdemos as faculdades críticas, deixámos de saber pensar, e muito menos de pensar cientificamente. Um regresso à infância, à primeira idade do homem e da mulher, que se assemelha à última idade, a sétima, que é a minha, “sans teeth, sans eyes, sans taste, sans everything” (nas palavras de William Shakespeare em “Como Lhe Aproveu”, c. 1599).

Literacia científica

Os problemas são agravados em Portugal pela baixíssima literacia científica. Ainda na semana passada ouvi uma pivô da televisão (que respeito e admiro) a dizer, com ar convencido, que o metano era um gás de estufa como o carbono. Sim, carbono, e não dióxido de carbono ou, vá lá, anidrido carbónico. Ajuda saber que o carbono é um sólido, muito útil no lápis ou no anel de noivado, para não falar da bola de futebol à nanoescala, o (buckminster)fulereno. A maior parte dos problemas do nosso tempo, mesmo os do foro da ética, envolvem a ciência. Em democracia é nosso dever participar não

só em eleições, mas também nas discussões, o que exige um mínimo de cultura científica (a aprender nas escolas, do ensino primário ao superior). Entendo, porém, que a deficiência é ainda mais básica, isto é, ao nível do pensamento, antes do conhecimento. Ora não é preciso aprender ciência, muito menos ser cientista, para pensar cientificamente. A receita é simples (com um aceno a Bertrand Russell): recolher informação, duvidar, refutar, testar, aplicar; repetir o processo, isto é voltar a duvidar, a refutar, etc. Particularmente grave é o facto de muitos cientistas – e não só em Portugal – não pensarem cientificamente, o que contribui para o erro e conduz à fraude. Lastimavelmente, no dia-a-dia e a todos níveis, da cidadã mais pacata ao governante mais convencido, senhor de si mesmo e do seu partido, o que se vê e ouve é o triunfo da seita, facilitado pelas redes sociais: só atribuímos *likes* a quem pensa como nós, numa violação gritante do 8.º mandamento do Decálogo Liberal de Russell. O bicho-humano é, como as térmitas, as formigas, os ratos-toupeiras e os orangotangos, uma das raras espécies gregárias. (A grande maioria só se associa para efeitos de namoro e acasalamento.) Mas a associação deve proporcionar um debate de ideias diferentes, para bem da comunidade (como nos pregou Lord Russell). Pior ainda, associamo-nos para propagar ideias falsas, notícias falsas, ciência falsa – com os trágicos resultados que estão à vista pelo mundo fora.

A Hipótese de Gaia

A química é uma ciência central: alimenta-se da física para explicar a biologia. O nosso corpo é uma complexa sociedade organizada de células em constante interação química e elétrica. Em parte, a evolução darwiniana explica-se por uma adaptação ambiental, mas a adaptação funciona nos dois sentidos: o ambiente, a Terra, o nosso planeta também se defende, agredindo-nos. Segundo Newton, a cada ação corresponde uma reação de sentido inverso, lembram-se? E o globo terrestre, incluindo a atmosfera e a biosfera, é muito mais poderoso e omnipresente do que a espécie *Homo sapiens*. Já devem ter percebido que sou um defensor da Hipótese de Gaia – já em vias de ser aceite como teoria – proposta nos anos 1970 pelo cientista inglês James Lovelock (n. 1919), ainda vivo e ativo aos 102 anos. O nome provém de Gaia, a divindade primordial grega associada à Terra, e foi proposto por William Golding, o romancista inglês, Prémio Nobel de Literatura em 1983 “pelos seus romances que, com a perspicuidade da arte narrativa realista e a diversidade e universalidade do mito, iluminam a condição humana no mundo de hoje”. De acordo com a hipótese de Lovelock, as montanhas e vales, rios, lagos e mares, florestas, savanas, estepes e desertos, glaciares e calotes polares, atmosfera, etc. são, com a biosfera,

os órgãos de um todo coordenado, em constante interação mútua. O que significa que é impossível atenuar o aquecimento global continuando a destruir a Natureza, rasgando mais autoestradas, praticando a agricultura intensiva, prejudicando a biodiversidade. (Olhem para o Alentejo!) Quanto a isto, ao contrário do que acontece com as epidemias, nunca haverá vacina que nos valha. É aterrador observar o desaparecimento de muitos insetos nomeadamente abelhas. Não terá sido por acaso que Lovelock não foi convidado a participar na recente COP26 em Glasgow, Conferência das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (que se saldou num rotundo fracasso).

Receio bem que tenhamos já atingido o chamado *point of no return*: a Humanidade já não vai a tempo de inverter o agravamento das alterações climáticas. É apenas mais uma machadada, a juntar aos bioperigos, à superinteligência artificial, a um provável acidente ou erro humano e às ameaças que vêm do espaço que determinarão a médio prazo a extinção da espécie *Homo sapiens* na Terra. Lembremo-nos da aposta em 2003 de Lord, hoje Barão, (Martin) Rees, professor de cosmologia na Universidade de Cambridge, Master do Trinity College, Astrónomo-Real, Presidente da Royal Society, detentor da Ordem do Mérito, etc., etc., de que este seria o Último Século! Por erro ou terror, os perigos são bem reais e os avisos sucedem-se (entre os quais a corrente pandemia). Mais vale prevenir do que remediar. Há apenas dois dias (24 de novembro), a NASA lançou a missão DART (Teste de Redirecionamento do Asteroide Duplo) cujo destino é a colisão com Dimorfos, o membro mais pequeno – cerca de 160 metros, a envergadura da Pirâmide de Gizé – do asteroide duplo, Dídimos-Dimorfos, alterando-lhe ligeiramente a órbita solar. A ideia é obter dados que permitam num futuro hipotético desviar qualquer asteroide em rota de colisão com a Terra. Mas esta será, talvez, a menor das ameaças à sobrevivência da nossa espécie. Com o seu Instituto para o Futuro da Humanidade (FHI), fundado em 2005 por iniciativa do filósofo sueco Nick Bostrom, a Universidade de Oxford foi pioneira no estudo destes problemas. Nas palavras de Bostrom, “temos a capacidade técnica dos adultos, mas ao nível da responsabilidade moral comportamo-nos como crianças”. Seguiu-se a Universidade de Cambridge em 2012, com o Centro de Estudo do Risco Existencial (CSER), cofundado por Lord Rees e dedicado ao estudo e mitigação dos riscos que possam levar à extinção da espécie humana ou ao colapso da civilização. Em 2014 foi a vez de dois cosmólogos americanos, Max Tegmark (MIT) e Anthony Aguirre (Universidade da Califórnia em Santa Cruz) criarem em Cambridge, Massachusetts, o Instituto do Futuro da Vida (FLI) com o objetivo de reduzir os riscos de catástrofe global e existencial causados por técnicas poderosas como a superinteligência artificial ou a biotecnologia.

Que fazer?

Não quero terminar numa nota pessimista. Sou apenas um realista preparado para o pior (que muitas vezes acontece). Num estudo publicado na revista *Science* em junho de 2018, Centola (MIT), Becker (Northwestern University) e Baronchelli (City University of London) chegaram à conclusão de que basta o ativismo de 25% da população para inverter as convenções sociais – o chamado *tipping point* ou ponto de queda ou colapso. O empenho e a força das convicções de uma minoria de cerca de 25% de cidadãos é suficiente para que o resto da população se renda, neutralizando o poder da autoridade (governo) e do dinheiro (*lobbies*). Para mim, o único sinal positivo do COP26 em Glasgow foram os protestos da gente nova, liderada por Greta Thunberg, de 18 anos. Sucede que hoje a população mundial entre os 10 e os 25 anos é cerca de 2,9 bilhões de jovens, de um total de 7,8 bilhões (milhares de milhões), isto é, acima de 35%. Hoje a palavra de ordem é: GRETAS DE TODO O MUNDO UNI-VOS!

A lição de Gaia é de que está tudo ligado. Para ensinar química temos de a relacionar, à esquerda e à direita com a física e a biologia, mas também com a geologia, a hidrologia, a meteorologia, a astronomia, etc. Um dos meus orgulhos como professor foi ter regido no Instituto Superior Técnico uma cadeira de Física e Química das Atmosferas. Foi esta abrangência que me levou a escrever «Haja Luz! Uma História da Química Através de Tudo», publicado em 2011, o Ano Internacional da Química (e agora em 3.ª edição). Os professores de química têm sorte porque a sua ciência é, talvez, a mais curiosa de todas. Diz respeito ao instinto primordial de saber de que é que as coisas são feitas (enquanto a física está mais preocupada com o funcionamento das coisas). Dê-se um brinquedo a uma criança, e ela quererá intuitivamente desmontá-lo e, de caminho, destruí-lo. (Os literatos diriam desconstruí-lo para o analisar...) O processo final de síntese é que ainda escapa à criança. O químico adulto faz algo de semelhante: analisa para depois poder sintetizar. Ao contrário da matemática e da física, a química não pode ser criada e construída remotamente. Mais do que uma profissão, o ensino é uma missão, e as missões não se conduzem à distância, em teletrabalho, mas no contacto humano, olhos nos olhos. Sim, hoje é possível a inseminação artificial e a barriga de aluguer, mas o ato de amor para conceber um filho ou uma filha será sempre o mais belo encontro da espécie humana. Ao digital o que é do digital, ao humano o que é humano.

Espírito de missão? Sim, com uma ressalva, porque estamos em Portugal, um país onde o Estado desconfia por uma questão de princípio dos cidadãos,

e estes, por seu turno, desconfiam do Estado. Será talvez a pesada herança do salazarismo, mas a crescente burocracia (o duplo rr não é gralha) deve estar inscrita no nosso ADN. Falta-nos o pragmatismo que caracteriza (ou caracterizou?) os países anglo-saxónicos. Em Portugal, tanto o Estado como a população parecem ter prazer em complicar a vida aos outros. (O Simplex durou pouco...) Hoje um professor ou investigador perde uma boa – eu diria a melhor? – parte do seu tempo em tarefas burocráticas para Europa ver. Os inquéritos e quantificações absurdas que replicam novas burocracias. Não é apenas o tempo que se perde, mas a irritação que se ganha em prejuízo das tarefas nobres.

Abusa-se dos dados e dos metadados, o lixo da digitalização a querer passar por ciência. O mundo civilizado transformou-se numa lixeira a céu ou ciberespaço abertos, a juntar às montanhas de plásticos, baterias, escória eletrónica, etc. de uma sociedade excessivamente consumista em prejuízo do ambiente. Os micro e nanoplásticos invadiram tudo, das profundezas dos oceanos ao topo dos Himalaias, dos desertos aos polos Norte e Sul. Engolimos microplásticos quando respiramos ou nos alimentamos. Um estudo de John Boland, do Trinity College, Dublin, publicado em outubro 2020, mostrou que os biberões de plástico para bebé libertam cerca de quatro milhões de micropartículas de plástico por litro em cada preparação (que o bebé engole). Outro estudo publicado por Evangelos Danopoulos *et al.* (Hull York Medical School, Reino Unido) no *Journal of Hazardous Materials* em novembro 2021, registou que os microplásticos não só danificam as membranas das células humanas provocando, às vezes, a sua morte, como lhes causam reações alérgicas. Continuamos a agir sem ligar às consequências das nossas ações. O lápis é mais amigo da Terra – e mais parecido com esta – do que uma esferográfica. Pensar crítica e cientificamente é hoje um imperativo moral.

É verdade que a complexidade de certos problemas, como o das mudanças climáticas, só pode ser analisada e entendida – e, portanto, combatida – com recurso às coleções de metadados, mas também, quase sem darmos por isso, a nossa vida está minuciosamente exposta no ciberespaço, para proveito e ganho de multinacionais gananciosas. Sabiam que está em construção num dos lugares mais selvagens e inacessíveis da Tasmânia (Austrália), a Caixa Preta da Terra, uma estrutura gigantesca de recolha e registo de metadados referentes às alterações climáticas? Um poliedro irregular de paredes de aço, do tamanho de um autocarro de dois pisos, que fará o retrato da saúde do nosso planeta para as gerações vindouras. Com capacidade para

armazenar dados de toda a espécie nas próximas três a cinco décadas – variações de temperatura na terra e nos mares, acidificação dos oceanos, concentração de gases-estufa na atmosfera, população humana, consumo de energia, etc. – acessíveis através de uma plataforma *online*, a Earth Black Box aguentará as maiores catástrofes climáticas e perdurará para além da extinção da espécie *Homo sapiens*. Objetivo: dar a conhecer a futuras (?) civilizações a grande crise climática gerada pela Humanidade e como esta falhou a combatê-la.

Como sabem, Michael Faraday meteu quase toda a química na “História Química de Uma Vela”, a série de seis palestras experimentais proferidas na Royal Institution de Londres no Natal de 1848 e editadas em livro em 1861, o ano em que o autor pereceu setenta anos. Cento e vinte anos depois (1981), Vargas Llosa afirmava – no romance “A Guerra do Fim do Mundo” – que “a ciência é apenas uma vela cintilando numa grande caverna, escura como breu”. Acredito que só a ciência nos pode salvar.

Agradecimento

O autor está muito grato a Carla Costa pelo indispensável trabalho de edição deste texto segundo as regras de publicação da SPQ; e a Bernardo Albuquerque Nogueira pelas pertinentes questões e discussão após a palestra, que muito contribuíram para o melhoramento deste artigo.

Nota

* Versão integral da palestra de abertura do IX Encontro da Divisão do Ensino e Divulgação da Química da SPQ na Escola Básica e Secundária de Frei Gonçalo de Azevedo em São Domingos de Rana a 26 de novembro de 2021.

>

Jorge Calado

Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

Professor Emérito de química-física do Instituto Superior Técnico, foi catedrático-adjunto de engenharia química na Universidade de Cornell, NY. Publicou mais de 170 artigos sobre termodinâmica de líquidos moleculares

e energética das apatites e gerou mais de 150 doutoramentos. Prémio Universidade de Lisboa em 2016. Interessado nas relações entre as ciências e as artes, é crítico cultural do semanário “Expresso” desde 1986. O seu último livro, “Mocidade Portuguesa”, foi publicado pela IN-CM em abril de 2022. jalado@tecnico.ulisboa.pt

A Genealogia Acadêmica.

Perceber as Origens e Influências do Trabalho Científico no Percurso Acadêmico

>
Carlos A. Nieto de Castro

Academic Genealogy. Understanding the Origins and Influences of Scientific Work in the Academic Career. *Chemistry is by far the central science in the current world. Its concepts, theories, models and experiments evolved along more than 300 years, since its separation from Natural Philosophy and the understanding of the concept of molecule. No scientist works on his own, divorced from an enormous scientific knowledge developed by his ancestors or precursors. Understanding the roots and collaborations of each scientist along his/her life, associated to the original contribution in each field, paves the way for a richer and objective history of science and technology. This paper is a first attempt to recommend an illustrating and objective methodology for all chemists (but not restricted to) to better understand their own work, the origins and influences of previous and contemporaneous colleagues, by developing their own genealogic academic tree and, following Sir Isaac Newton writing in 1675 “(...) if I have seen further, it is by standing on the shoulders of giants (...), and discovering their own giants”.*

A Química é de longe a ciência central no mundo atual. Os seus conceitos, teorias, modelos e experiências evoluíram ao longo de mais de 300 anos, desde a sua separação da Filosofia Natural e da compreensão do conceito de molécula. Nenhum cientista trabalha por conta própria, divorciado do enorme conhecimento científico desenvolvido por seus antecedentes ou precursores. Compreender as raízes e colaborações de cada cientista ao longo da sua vida, associado à contribuição original em cada campo, abre caminho para uma história mais rica e objetiva da ciência e da tecnologia. Este artigo é uma primeira tentativa de recomendar uma metodologia ilustradora e objetiva para todos os químicos (mas não restrita a) entenderem melhor o seu próprio trabalho, as origens e influências de colegas anteriores e contemporâneos, desenvolvendo a sua própria árvore genealógica acadêmica e, seguindo Sir Isaac Newton em 1675 “(...) se eu vi mais longe, é por estar sobre os ombros de gigantes (...), descobrindo os seus próprios gigantes”.

“

**Não basta fazer ou fazer bem!
É preciso saber fazer bem e com rigor!**

1. Introdução

Há sempre um momento para uma despedida, e em abril de 2019 jubilei. Dei uma lição final, retrospectiva de toda a minha carreira iniciada no Instituto Superior Técnico, a minha escola de formação, continuada na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, a minha escola de desenvolvimento e transmissão. Na preparação dessa aula, e em discussão com alguns dos meus colaboradores, surgiu a ideia de desenhar/

escrever a árvore genealógica do meu trabalho científico, iniciada com um primeiro trabalho publicado em 2017 [1], sobre 20 anos de investigação das propriedades de fluidos a altas temperaturas no nosso grupo do Centro de Ciências Moleculares e Materiais (1994–2014) e no Centro de Química Estrutural (2015–2017). Entusiasmados pelos resultados iniciais, resolvemos aprofundar o assunto, tendo apresentado a primeira árvore genealógica científica a 10 de maio de 2019 [2]. Seguimos a recomendação mais científica, para uma genealogia profissional, que traça a linha intelectual do descendente através de um ou mais orientadores do seu doutoramento (ou mentor para o seu grau académico não honorífico mais elevado) [3]. Dada a centralidade da minha investigação e docência na área da Química-Física/Termodinâmica/Engenharia Química, foi escolhido o ramo da Química, embora se possa tocar noutras disciplinas, neste caso a Física, área de muitos dos meus percursores. Identificadas as raízes, seguiram-se os descendentes científicos e as colaborações, metodologia idêntica para a análise do legado científico. Para cada cientista identificado nas raízes, faz-se uma pequena descrição da sua área de trabalho, comentando-se seguidamente a possível influência no percurso intelectual do cientista.

2. A génese de um cientista, com uma grande costela de engenheiro

2.1. O Liceu Camões e o Clube de Física e Química (1964/65 e 1965/66)

Foi no período entre 1959 e 1966 que fui aluno do Liceu Camões e onde dei os primeiros passos à descoberta da Física, da Química e da Química-Física, pela mão de uma das professoras mais extraordinárias que tive, a Dr.^a Mariana Teles Antunes Pais Dias Fernandes (Licenciada em Ciências Físico-Químicas, em 1958, na FCUL, e hoje com 84 anos), diretora do Laboratório de Química, professora do 6.º e 7.º A (atuais 10.º e 11.º anos) e que, com o Dr. José Augusto Teixeira, fundou o Clube de Física e Química do Liceu Camões (Figuras 1a e 1b), o primeiro clube científico de Portugal (1965), para onde íamos nas quartas-feiras à tarde e aos sábados de manhã fazer experiências e perceber os fenómenos físicos e as reações químicas (uma homenagem sentida aos funcionários – Sr. Moreira e Sr. Brás, sempre dispostos a ajudarem). Neste período, uma exposição itinerante ajudou-me a fazer opções: a exposição “Os Átomos em Ação”, nos terrenos da Praça de Espanha, organizada pela comissão de Energia Atómica dos Estados Unidos da América, em abril de 1965. Algumas semanas depois dei a minha primeira palestra, na sala de Geografia do Liceu Camões, sobre Radioatividade. Deslumbrado pela área, acabei por decidir formar-me em engenharia química no IST, para depois me propor a uma pós-graduação nos Estados Unidos.



Figura 1a - Liceu Camões - O Gabinete de Física.



Figura 1b - Liceu Camões - O Laboratório de Química - interior.

2.2. O IST (1966-1971) – Engenharia Químico-Industrial – Ramo Química e Processos

Foi no IST que cresci técnica, científica e humanamente, rodeado de colegas e professores que marcaram definitivamente a minha profissão futura. Saliento alguns deles, por grande respeito: Fernando Dias Agudo (1925-2019) e o rigor matemático, António da Silveira (1904-1985) e os conceitos físicos, João Fraústo da Silva (1933-2022) na Química Inorgânica e Analítica, Bernardo Herold (1933-...) na Química Orgânica, Luís Almeida Alves (1920-1995) no Cálculo Infinitesimal e na Tecnologia Química, e Jorge Calado (1938-...) na Química-Física e Termodinâmica. Alguns assistentes de então, como Amaral de Macedo, nas Matemáticas Gerais, Ravara Roncon, na Mecânica Racional, Teresa Águas e Maria de Lurdes Gonçalves, na Química Analítica e nos Métodos Instrumentais de Análise, Horácio Novais e Maria Cândida Lóia na Química Orgânica Avançada, ajudaram-me a desbravar a ciência, a perceber modelos e a resolver problemas. Tirocínios regulamentares no LFEN (Laboratório de Física e Engenharia Nucleares) – Junta de Energia Nuclear, Sacavém, verão de 1970 e no

Laboratoire R&D, Antar, P. A., Donges, França, verão de 1971, bem como a visita à Bayer, Leverkusen, Alemanha, abril de 1971, permitiram que observasse de perto a realidade do mundo profissional exterior à Universidade, da investigação e da produção. Saliento, entretanto, a abertura dos professores João Fraústo da Silva e Jorge Calado para ser monitor de Química-Física no verão de 1970, e que foi fundamental para a minha opção de percurso académico futuro, na área da Termodinâmica Química. Para mim, a Termodinâmica era um campo árido da Ciência, cheio de símbolos matemáticos, a Química-Física adorada, mas não assimilada de forma a perceber o seu papel determinante na compreensão das propriedades dos fluidos, nomeadamente dos líquidos, fundamentais na engenharia química. As propriedades de transporte não se percebiam, e muito menos se tinha noção da sua importância para a compreensão dos fenómenos moleculares e industriais. Foi a disciplina de Complementos de Química-Física, no 5.º ano do curso de Propriedades de Gases e Líquidos lecionada por Jorge Calado, doutorado na Universidade de Oxford em 1969, que finalmente fez o *trigger* para o início da minha carreira.

2.3. O IST (1971–1980) – O início do ensino e da investigação: o CQE, a Escola de Termodinâmica, o Doutoramento, o Imperial College, o NBS/NIST

Entre para assistente estagiário, em outubro de 1971, para o Grupo de Disciplinas de Química-Física e aceitei o desafio para lançar a Escola de Termodinâmica do IST, liderada por Jorge Calado, com a investigação em Termodinâmica de Líquidos em Portugal. Mas,... não havia nada, para além de um pequeno laboratório de apoio ao Professor de Química-Física, onde eu, o Virgílio Soares, o Manuel Nunes da Ponte (meus colegas de curso) e o António Palavra nos propusemos dar início à investigação. Comecei por aplicar modelos moleculares às misturas líquidas, por estudar a termodinâmica estatística (molecular) dos gases, aplicar o método de Monte-Carlo ao estudo de fluidos densos, para aprofundar conceitos de estrutura molecular, forças intermoleculares e cálculo de propriedades. Jorge Calado participou, entretanto, numa conferência internacional e foi aconselhado a tentar obter informações sobre as forças intermoleculares no estado líquido, nomeadamente o potencial molecular repulsivo, através da medição da condutibilidade térmica, uma das mais importantes propriedades de transporte. A ideia era medir a condutibilidade térmica do argón líquido (ponto de ebulição normal, 87,35 K), pois os resultados de dinâmica molecular mostravam uma sensibilidade maior desta propriedade aos detalhes do potencial intermolecular. Existindo no grupo experiência de trabalho a temperaturas criogénicas, faltava a experiência e medição

experimental rigorosa de condutibilidade térmica. Jorge Calado pediu então a Joseph Kestin (1913–1993) da Universidade de Brown (EUA) o apoio ao desenvolvimento da técnica de medição da condutibilidade térmica de líquidos, que indicou um jovem pós-doutorado, já nos quadros do *Imperial College* em Londres (Reino Unido), William (Bill) Wakeham, que aceitou ser co-supervisor da minha tese de doutoramento.

E assim iniciei os meus trabalhos de doutoramento em 1973, tendo passado seis semanas, durante o verão, no Departamento de Engenharia Química do *Imperial College of Science and Technology*, em Londres. Projetou-se então a primeira instalação para se aplicar o método do fio aquecido em regime transiente aos líquidos, desenvolvido de uma forma rigorosa para gases por Joseph Kestin e Bill Wakeham, na *Brown University*, Rhode Island, EUA. A dimensão do projeto e os recursos financeiros do grupo levaram a optar, numa primeira fase, por medições entre a temperatura ambiente e 333 K, o que conduziu às minhas primeiras publicações nesta área e à minha tese de doutoramento [4–7]. A instalação foi montada no laboratório 4.23 do novo Complexo Interdisciplinar, então construído, e onde se viriam a inaugurar os laboratórios do futuro Centro de Química Estrutural, nomeadamente do Grupo 3 – Termodinâmica Experimental (Figuras 2a–2d). Fui surpreendido com a parte mais trabalhosa do meu doutoramento em vésperas da Revolução dos Cravos e os primeiros anos do pós-25 de Abril, onde a necessidade de obter dados para a tese e a esperança dum País novo eram os meus únicos pensamentos. Mas tudo terminou muito bem, com a defesa e aprovação da minha tese de doutoramento em dezembro de 1977. A utilização desta instalação com algumas adaptações conduziu depois ao doutoramento de João Fareleira (1986).

Em 1977 escrevi “... a minha tese só é possível devido à clarividência da formação científica do Prof. Jorge Calado...”; em 2003 (nos 40 anos da sua primeira publicação científica – Jorge Calado: *40 years of Molecular Thermodynamics*) escrevi “*To make tribute to Jorge Calado scientific life and strategic ability, ... as bases de uma carreira científica podem explicar a trajetória seguinte, mas não o seu sucesso. Parte do meu (se algum) devo-o a si, Jorge. Obrigado por pertencer ao seu grupo.*” No *After Dinner Speech* do *In Colloquium on Thermophysical Properties – The Contribution of Professor Sir William Wakeham* (3/10/2009), escrevi: “*The impact of his knowledge and of his advice in the research on Thermophysical Properties in Portugal can be measured, by his support to many PhD thesis, being the real driving force for the creation of a School of Transport Properties and Processes of Fluids, since 1982 in the FCUL, natural extension of the School of Molecular Thermodynamics initiated by Professor Jorge Calado at IST.*” Em 11/01/1996, sob minha proposta, o

Professor William Wakeham recebia o Doutoramento *Honoris Causa* da Universidade de Lisboa “*For all he has contributed to Science and Technology, and above all, for all he has offered to Portugal, in the name of the Faculdade de Ciências I ask for our insignias of Doutor Honoris Causa for Doctor William Arnot Wakeham, of the University of London*”. Aprendi assim a inovar com rigor, a nunca esquecer as aplicações da minha ciência. Estava já bem assente nos ombros de dois gigantes, como Isaac Newton afirmou: “*if I have seen further, it is by standing on the shoulders of giants*” [8].

A obtenção do grau de Doutor implicava ainda a elaboração de uma monografia. Atendendo à importância da transferência de massa na engenharia química, decidi-me por uma revisão crítica dos métodos de medição de coeficientes de difusão em misturas binárias [9], tendo chegado à conclusão que o mais expedito e com um rigor elevado era o método baseado na dispersão de Taylor, a que me dediquei como prioridade, nomeadamente no estabelecimento da teoria do método, no pós-doutoramento no *Imperial College (Academic Visitor)*, a partir de janeiro de 1978 [10], o meu segundo artigo em número de citações.

Figura 2a - Vista das células de condutibilidade térmica em aço inox, com ligações metal vidro, e fio de platina, com 10 µm de diâmetro (construídas nas Oficinas do Complexo Interdisciplinar - Serviços de Apoio à Investigação e Desenvolvimento).

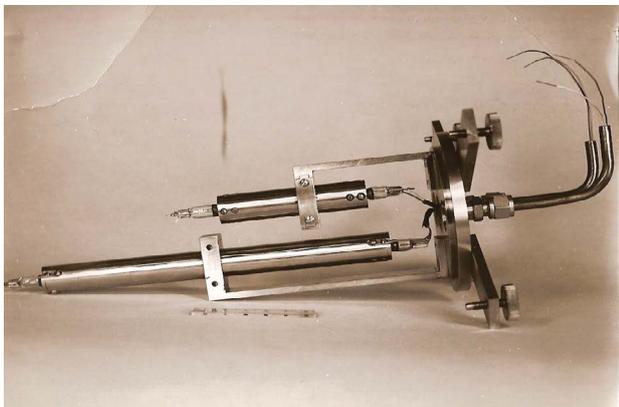
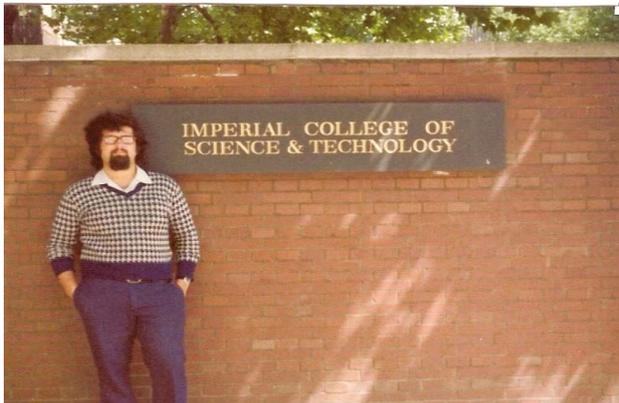


Figura 2c - *Imperial College of Science and Technology*, Londres, julho de 1973.



Outros dois vetores deste trabalho foram a teoria do método de determinação de viscosidade a altas pressões com o cristal de quartzo oscilante [11] e a abordagem da incerteza das propriedades de transporte no projeto de equipamentos de transferência de calor, apresentados na CHEMPOR 78, em Braga [12] e da classificação dos métodos de cálculo de propriedades de transporte com base no suporte teórico (previsão e estimativa) [13]. Os dois métodos experimentais foram depois implementados no CQE, e conduziram aos doutoramentos de Manuel Matos Lopes (1992) e de Fernando Vieira dos Santos (1993).

2.4. A FCUL (1980-2019)

Um acontecimento em 1980 alterou a minha atividade, nomeadamente no campo académico. Em outubro de 1980 concorri ao lugar de Professor Extraordinário de Química, na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, com uma lição “Propriedades de Transporte de Gases e Forças Intermoleculares”, e um curso de “Termodinâmica Estatística”, argumentados respetivamente pelos professores José Teixeira Dias (1944-...) da Universidade de Coimbra e José Pinto Peixoto (1922-1996). Fui aprovado em mérito absoluto e relativo e ocupei uma das vagas. A discussão com os elementos de

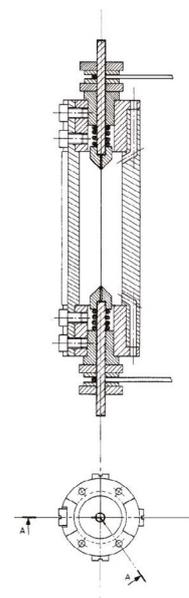


Figura 2b - Detalhe do desenho mecânico, com a geometria vertical do fio, com o peso de platina (desenho de Manuel Leal, Complexo Interdisciplinar - Serviços de Apoio à Investigação e Desenvolvimento).



Figura 2d - Prof. David Ferreira com o Microscópio Eletrónico, na Rua da Escola Politécnica - FCUL - medindo o raio do fio de platina - $5,49 \pm 0,08 \mu\text{m}$, um dos principais desafios, dezembro de 1974.

júri permitiu-me perceber que todos os meus conceitos de estrutura molecular, forças intermoleculares e termodinâmica estatística, bases da Termodinâmica Molecular, estavam bem consolidados e poderiam abrir os horizontes para um futuro inovador e consequente.

Quase 40 anos de investigação são difíceis de descrever neste texto, pelo que me limitarei a referir alguns pontos que complementam o texto escrito em 2004, por ocasião dos 40 anos da 1.^a publicação do Jorge Calado, em 2003 [14], onde se aborda a importância da Termofísica para a sociedade contemporânea e as áreas investigadas até então.

O desafio da medição da condutibilidade térmica do argon líquido, presente no início do doutoramento, foi prosseguido e conseguido, com sucesso, nos anos seguintes ao meu regresso de Londres. Duas novas colaborações foram estabelecidas, uma com Hans Roder (1930–2021) na *Thermophysics Division, National Institute for Standards and Technology* (NIST, ex-NBS), Boulder, Colorado, EUA, onde desenvolvi os meus conhecimentos na área da criogenia e ajudei a implementar o equipamento do fio aquecido em regime transiente do NIST, incluindo a sua extensão a altas temperaturas. Desde a primeira estadia no verão de 1980, várias outras estadias curtas se realizaram (1982, 1985, 1986) até à minha licença sabática em 1987/88, quando adquiri o estatuto de *Permanent Guest Scientist*. Inúmeras publicações resultaram (16 no seu total), entre as quais duas que me marcaram, com impacto na investigação em Lisboa: o estudo do propano líquido [15] e a medição a altas temperaturas, com correção da transferência simultânea de calor por radiação [16], este já com a colaboração de Richard Perkins (1956-...), para além da medição simultânea da difusividade térmica de fluidos e, por consequência, da sua capacidade calorífica, no estado gasoso, líquido e supercrítico [17]. O impacto foi grande no NIST, passando a fazer parte da história desta instituição [18].

A ideia original de medição da condutibilidade térmica do argon líquido, espécie química modelo dos químico-físicos teóricos, foi então prosseguida em Lisboa, tendo conduzido ao doutoramento de Umesh Mardolcar (1987), com o desenvolvimento de um equipamento capaz de medir no intervalo de temperaturas 80–450 K e pressões até 30 MPa [19,20], bem com a aplicação do modelo de van der Waals [21]. Quinze anos tinham decorrido desde a proposta de tese de doutoramento feita por Jorge Calado e que revelam bem a mudança entre as condições laboratoriais e financeiras em 1972 e 1987, e a contribuição da Revolução dos Cravos. Vale a pena lutar pela concretização de ideias inovadoras, pois o seu sucesso é gratificante.

Entretanto, e inspirado pelos trabalhos anteriores e pelos desafios da condutibilidade térmica dos fluidos junto ao seu ponto crítico, $0,9 < T/T_c < 2$), iniciei uma

colaboração com Bernard Le Neindre (1936–2021), no *Laboratoire des Interactions Moléculaires et Hautes Pressions*, CNRS, Villeteuse, Paris, França em 1981, utilizando o equipamento mais rigoroso para a região crítica, os cilindros concêntricos em regime estacionário. Foi possível medir a condutibilidade térmica do *n*-butano, em intervalos alargados de temperatura e pressão (298–601 K, pressões até 70 MPa), o estado gasoso, diluído e denso, o estado líquido e a região supercrítica, explorando a divergência da condutibilidade térmica junto ao ponto crítico (*critical enhancement*) e as leis de escalamento (*scaling laws*) [22] (Figuras 3a e 3b). Várias outras estadias (1987, 1989, 1991, 1992, 1993), permitiram determinar densidades e condutibilidades térmicas de refrigerantes alternativos, não destruidores da camada de ozono. Iniciei as minhas funções de Professor na FCUL, na Rua da Escola Politécnica, em março de 1982, deixando o conforto da minha Escola de formação, o IST, mas continuando ainda a minha investigação, e até 1994, no Centro de Química Estrutural, no Complexo Interdisciplinar.

A ligação com Bill Wakeham foi-se consolidando, tanto profissional como pessoalmente. Inúmeras visitas a Lisboa, e minhas a Londres, periodicamente entre 1982 e 1988, então como *Visiting Professor*, permitiram uma colaboração permanente no arranque de instalações experimentais novas em Lisboa (difusão, viscosidade, condutibilidade térmica de soluções condutoras, com Maria de Lurdes Ramires (1992), condutibilidade térmica a altas temperaturas, com Maria José Lourenço (1998), viscosidade a altas temperaturas, com Valentim Nunes (2006), bem como a condutibilidade térmica a muito altas pressões (430 MPa), nas instalações do *Imperial College*. O arranque do Subcomité de Propriedades de Transporte de Fluidos da Comissão de Termodinâmica da IUPAC, em 1981 (hoje *International Association for Transport Properties* [23]), por iniciativa do saudoso Joseph Kestin, da qual sou membro desde a sua origem, foi fundamental no estabelecimento de laços de colaboração com imensos colegas, e o desenvolvimento de uma estratégia de investigação no meu grupo em Lisboa. A abordagem científica dos fenómenos estudados pode resumir-se no diagrama da Figura 4, tendo como base a Física, a Química, nomeadamente a Química-Física e a Termodinâmica.

Mantenho um especial interesse por tópicos relacionados com interações moleculares e estrutura e estabilidade de fases líquidas e gasosas, puras e multicomponentes, e o seu reflexo macroscópico nas propriedades e nos processos tecnológicos (a “ponte” entre o mundo nano/micro e o macro, o desafio intelectual de Ludwig Boltzmann [24]). Estudei moléculas não polares, moléculas polares, moléculas associadas, iões e sistemas gasosos com reação. Naturalmente, chegámos aos sistemas mais complexos, como os líquidos iónicos,

os nanossistemas (líquidos iónicos com nanomateriais – loNanofluidos) e meta-estabilidade em líquidos iónicos.

Um dos principais efeitos deste trabalho internacional foi o estabelecimento de dados padrão de referência para as propriedades de transporte de fluidos, e cuja primeira publicação surgiu em 1985 para a condutibilidade térmica de vários líquidos [25]. A publicação que teve (e continua a ter) mais impacto, foi a referente à água, hoje com mais de 500 citações! [26] e a mais

recente, na área dos líquidos iónicos [27]. Esta atividade foi fundamental para a melhoria do rigor das medições experimentais de propriedades de transporte, pela ferramenta que oferece para assegurar a qualidade dos instrumentos em qualquer laboratório, rastreáveis as condições metrológicas exigidas, seja dos primários, para verificação, seja dos secundários, para calibração. A minha ligação à Metrologia inicia-se com o financiamento do PEDIP-1 e PEDIP-6 do Instituto de Ciência Aplicada

Figura 3a - A condutibilidade térmica do *n*-butano, destacando-se as zonas correspondentes à fase gasosa, fase líquida e região supercrítica. Adaptado da ref. [22]. Cortesia de caldeirafotógrafo, Lisboa.

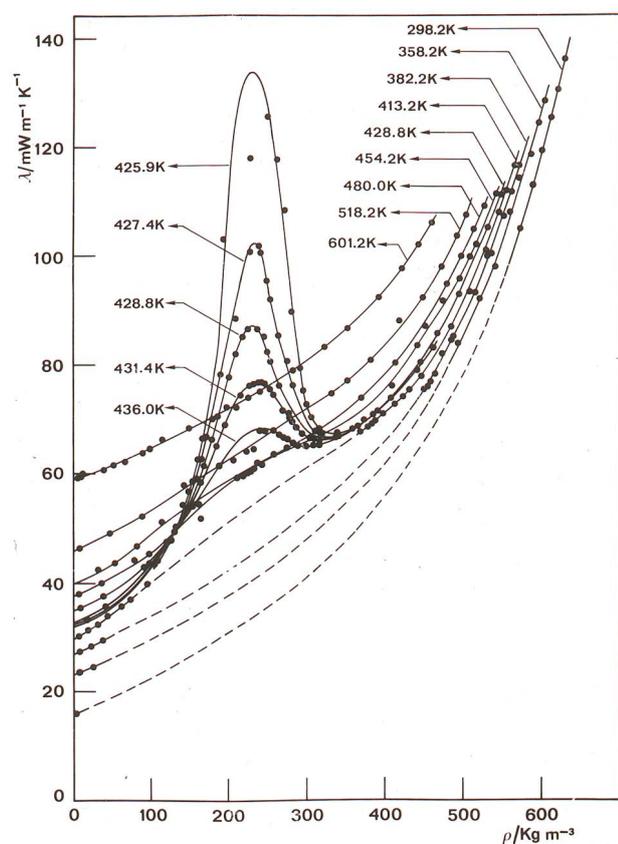
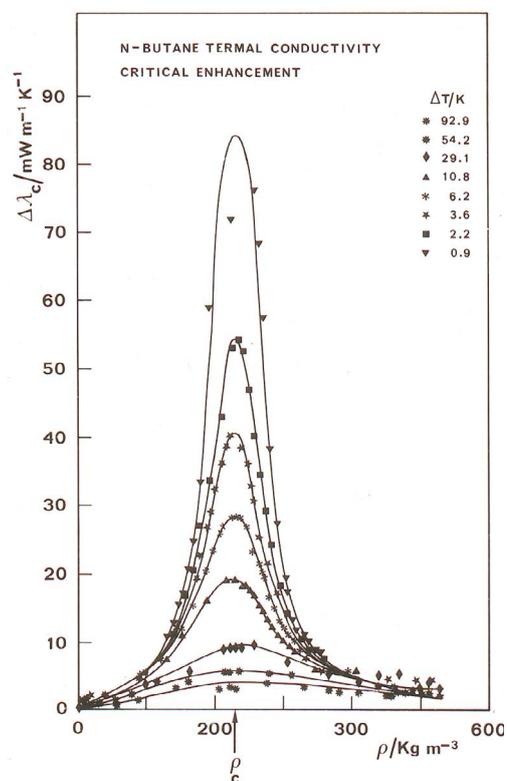


Figura 3b - A divergência da condutibilidade térmica do *n*-butano na região supercrítica, em função da densidade, para vários valores de $\Delta T = T - T_c$. T_c e ρ_c são respetivamente a temperatura e a densidade críticas. Adaptado da ref. [22]. Cortesia de caldeirafotógrafo, Lisboa.



Desenvolver métodos rigorosos de medição de propriedades termofísicas – estado de arte para a propriedade dada, no intervalo de T, P visado, e demonstrar o seu valor metrológico,

Abordar a teoria do método de medição sempre que necessário,

Estabelecer dados padrão de referência para as propriedades dos fluidos,

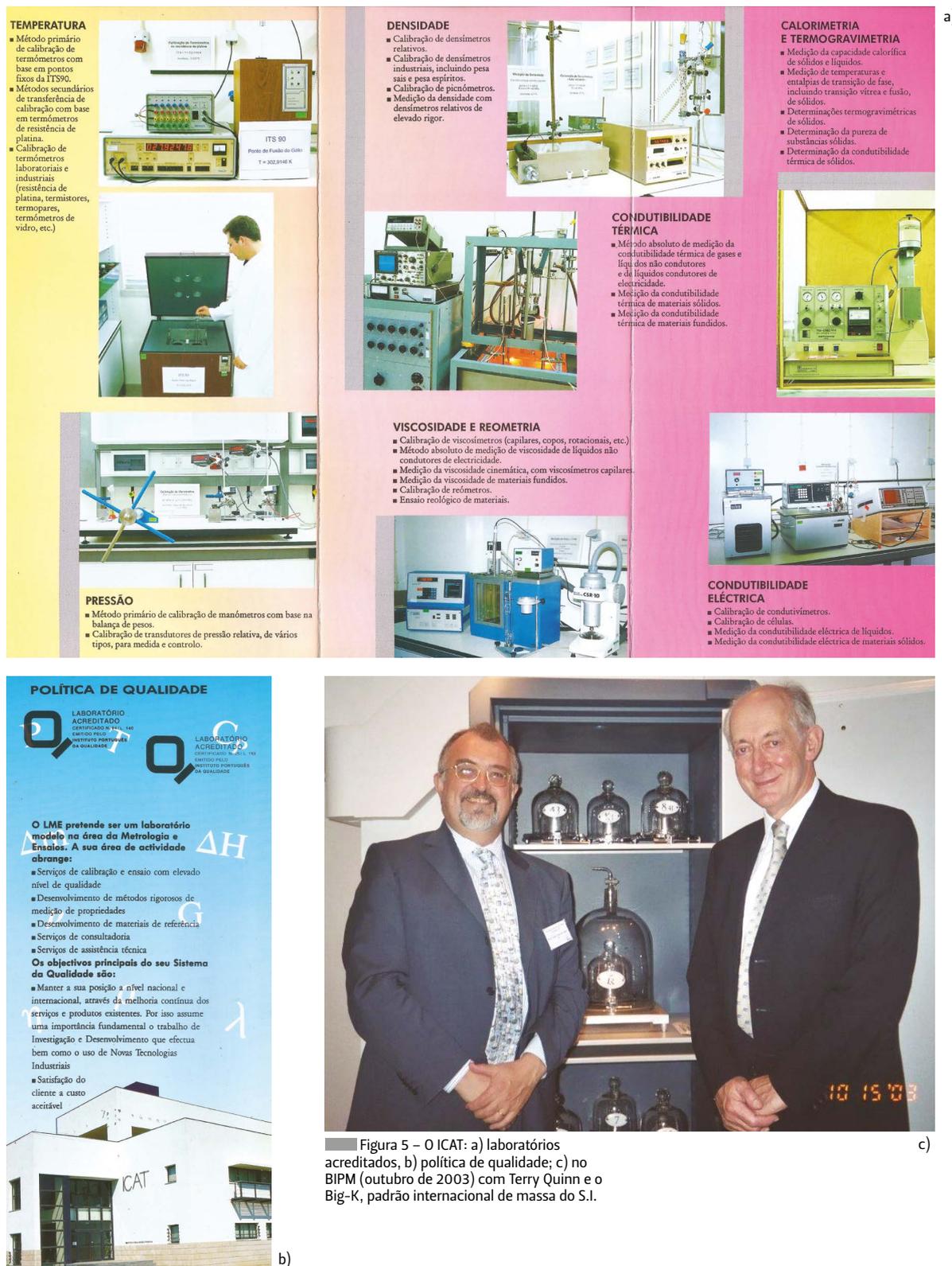
Correlacionar, prever e estimar as propriedades dos fluidos, incluindo a simulação molecular,

Usar a mecânica estatística e os primeiros princípios sempre que possível.

Figura 4 - Esquema da estratégia de investigação definida pelo autor.

e Tecnologia, em 1982, no *campus* da FCUL, e do seu Laboratório de Metrologia e Ensaios (LME-ICAT) (1986-2004), acreditado pelo IPQ, onde os métodos rigorosos de medição de propriedades termofísicas ficaram ao

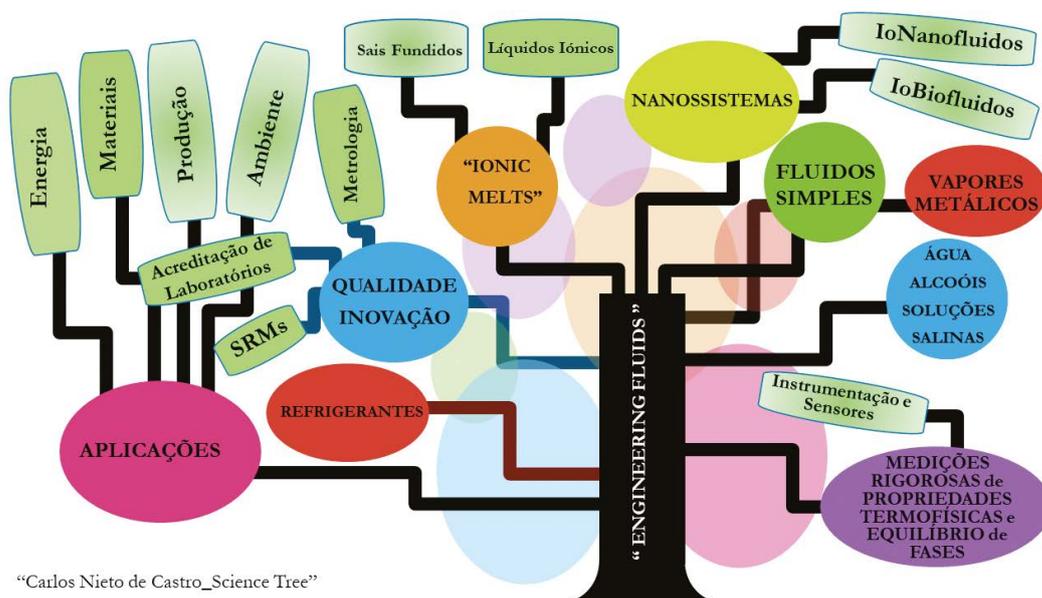
dispor das empresas e laboratórios nacionais, mesmo nas suas instalações, continuando na Vice-Presidência do IPQ (2001-2004), e tendo então sido eleito para o Comité Executivo da EUROMET (2003) (Figuras 5a-5c).



Assim apareceu o meu lema “*Não basta fazer ou fazer bem! É preciso saber fazer bem e com rigor!*”, que foi desenvolvido e aplicado à necessidade de responder a problemas mundiais, nas áreas do ambiente – a destruição da camada de ozono (refrigeração), os novos solventes e fluidos de engenharia (líquidos iónicos, IoNanofluidos), energia (novos fluidos de transferência de calor, “HTFs”, novos pigmentos para tintas solares, energia solar térmica), recursos naturais e novos materiais (resinosos, nanomateriais naturais, biomassa, novas ligas metálicas) com vista ao que se designa atualmente por *produção sustentável e economia circular*. Vários projetos foram desenvolvidos e concretizados no CQE (1977-1994), CITECMAT (1995-2002), CCMM (2002-2014), e CQE (desde 2015) e que conduziram a teses de doutoramento, tais como a densidade, viscosidade e capacidade calorífica de produtos resinosos (Ana Sousa, 1994; Magda Sampaio, 1997), as equações de estado, densidade e a constante dielétrica e condutibilidade térmica de refrigerantes alternativos (Paulo Fialho, 1993; Ana Sousa, 1994; Teresa Barão, 1995, com Umesh Mardolcar), a condutibilidade térmica de refrigerantes, líquidos polares condutores de eletricidade (Anélia Gurova, 1996, com Umesh Mardolcar), a simulação por

dinâmica molecular de viscosidade e condutibilidade térmica de sistemas iónicos (Nuno Galamba, 2004, com James Ely, *Colorado School of Mines*, Golden, Colorado, EUA), o equilíbrio líquido-vapor a altas temperaturas (Ana Cristino, 2014, com António Palavra, IST), os líquidos iónicos e suas dispersões com nanomateriais naturais e sintéticos, os IoNanofluidos (Ana Paula Ribeiro, 2012, e Salomé Vieira, 2015, com Maria José Lourenço), incluindo ainda simulação molecular (João França, 2017, com Agílio Pádua, *Université Blaise Pascal*, Clermont-Ferrand, França). E finalmente, ainda em curso, a produção de micro e nano-catalisadores por precipitação supercrítica anti-solvente (Luís Nobre, 2022, com Beatriz Nobre, IST e Mário Calvete, Universidade de Coimbra). A noção de que não se podem projetar equipamentos para operações tecnológicas na indústria química e associadas sem usar dados das propriedades termofísicas confiáveis e com qualidade (adequados à exigência da aplicação) constituiu a base da nossa intervenção em vários artigos sobre a incerteza das propriedades de transporte no projeto de equipamentos de transferência de calor [12,28-33].

A Figura 6 apresenta uma árvore científica esquemática de todos os campos científicos estudados.



“Carlos Nieto de Castro_Science Tree”

Figura 6 – Carlos Nieto de Castro – Árvore científica.

3. A árvore genealógica científica

3.1. Metodologia

Conforme referido na introdução, o traçar da genealogia profissional, neste caso na área da Química, envolve a linha intelectual descendente de um ou mais orientadores do meu doutoramento [3]. Para cada cientista identificado nas raízes, faz-se uma pequena descrição da sua área de trabalho, comentando-se seguida-

mente a possível influência no percurso intelectual do cientista. Identificadas as raízes, seguiram-se os descendentes científicos e as colaborações, forma de também se analisar o legado científico. Este legado não será completamente descrito neste trabalho, mas pode ser consultado, tal como a árvore genealógica, na *Chemical Genealogy Database (CGD) Homepage*, desenvolvida pela Universidade de Illinois [3]. Dado que

tive dois orientadores, Jorge Calado e Bill Wakeham, o ramo não é único, tendo logo à nascença, duas raízes. A primeira segue a via Jorge Calado, Lionel Sateveley, Klaus Clusius, Arnold Eucken, Walther Nernst e Ludwig Boltzmann, enquanto a segunda segue William Wakeham, Kenneth Grew, Thomas Lowry, Henry Armstrong, Adolph Kolbe, Robert Bunsen e Friedrich Stromeyer. Os leitores poderão identificar vários cientistas notáveis da história da Química (e da Física), o que muito honra a minha ascendência científica.

A *Academictree.org* permite construir a árvore genealógica de cada cientista, com a introdução dos supervisores, descendentes (doutoramento, mestrado, pós-doutoramentos e colaboradores), e que conduz à compreensão da ascendência e descendência científica. Escolhi a árvore da Química, embora Ludwig Boltzmann só esteja na árvore da Física, mas que se consegue ligar [3], com acesso de Carlos A. Nieto de Castro (ID: 859426) [34]. A Figura 7 mostra a parte dos antecessores (as raízes científicas), por razões de dimensão deste artigo. Aparecem também influências de outros cientistas (que ainda não coloquei no meu caso), sendo de salientar, para a termodinâmica molecular, a influência de Johannes Diderik van der Waals e Wilhelmus Hendrikus Keesom em Klaus Clusius, e a de Cyril Norman Hinshelwood em Lionel Staveley.

3.2. Referência breve à atividade científica dos cientistas

Nesta secção faz-se uma pequena descrição da área de trabalho de cada um destes cientistas, através das Tabelas 1a e 1b, onde se identificam o cientista, a universidade, a data e a especialidade do seu doutoramento (ou equivalente), o(s) supervisor(es)/mentor(es), a sua área de trabalho, bem como a referência principal de recolha de dados. Não tendo espaço para ilustrar todos

os cientistas envolvidos, dou como exemplo a célebre fotografia (Figura 8) de Ludwig Boltzmann, com os seus colaboradores na universidade de Gráz, em 1887, no mesmo ano do doutoramento de Walther Nernst. Esta fotografia é muito importante para perceber a relação Nernst-Boltzmann, pois identifica a presença de Nernst em Gráz, onde desenvolveu parte da sua investigação para o seu doutoramento [24]. Cercignani considera-o como um dos melhores estudantes de Boltzmann (de facto!), pelo que neste artigo consideramos Ludwig Boltzmann como co-supervisor de Walther Nernst, com Friedrich Kohlrausch (Würzburg).

Figura 8 - Ludwig Boltzmann e colaboradores em Gráz, 1887. Da esquerda para a direita, de pé: Walther Nernst, Heinrich Streintz, Svante Arrhenius e Richard Hiecke; sentados: Eduard Aulinger, Albert von Ettingshausen, Ludwig Boltzmann, Ignacij Klemenčič e Victor Hausmanninger. Autores: Pal Fearn/Alamy/Cordon Press. Domínio público.



Figura 7 - Carlos A. Nieto de Castro Chemistry Tree [34] - antecessores.

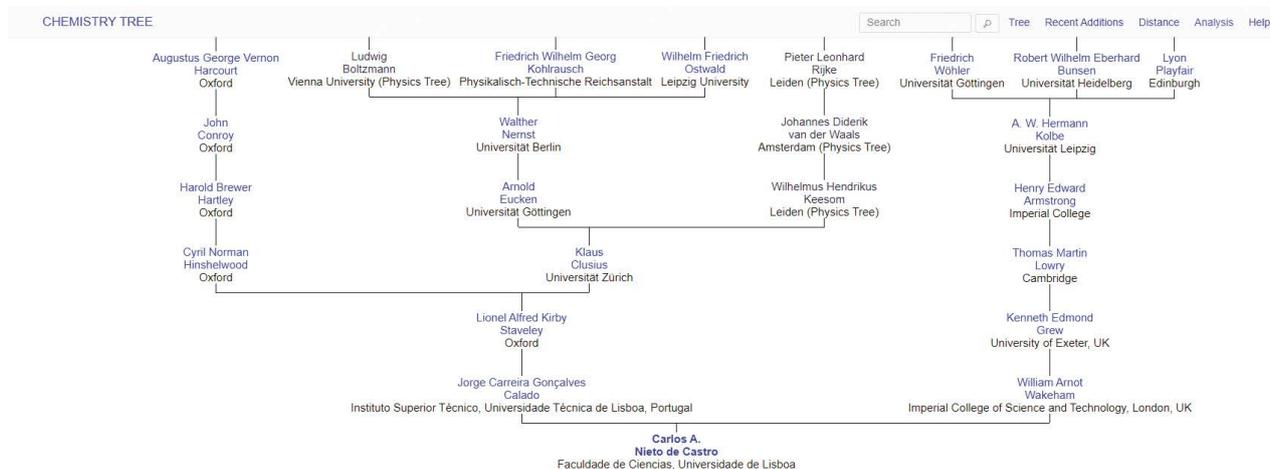


Tabela 1a – Dados sobre a atividade científica dos cientistas da árvore genealógica do autor (raiz Jorge Calado).

Cientista	Universidade	Doutoramento	Supervisor / Mentor	Área de trabalho	Referência
Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906) (LB)	Viena, Áustria	1866 (Física)	Joseph Stefan / August Toepler (Gráz)	Irreversibilidade e teoria cinética dos gases (Eq. de Boltzmann); interpretação estatística da entropia; mecânica estatística do equilíbrio; teoria atômica; energética; filosofia (incluindo ciência); considerado o Pai da Mecânica Quântica.	[24]
Hermann Walter Nernst (1864-1941) (HWN)	Würzburg, Alemanha	1887 (Física)	Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch / HWN foi assistente de investigação em Gráz de LB, enquanto trabalhava para o seu doutoramento / Assistente de Friedrich Wilhelm Ostwald (Leipzig)	Prémio Nobel em 1920, Termodinâmica Química. Descoberta da 3.ª Lei da Termodinâmica; Eletroquímica (Eq. de Nernst, eléctrodo de hidrogénio como padrão); desenvolveu métodos de medição de constantes dielétricas, capacidades caloríficas a baixas temperaturas, densidades de vapor; constantes de equilíbrio a altas pressões, grau de hidratação iónica e pH por indicadores. Teoria da elevação ebulioscópica, produtos de solubilidade e soluções tampão. Existência do ião hidreto.	[24,35]
Arnold Thomas Eucken (1884-1950) (ATE)	Berlin, Alemanha	1906 (Física)	HWN	Capacidade calorífica a temperaturas muito baixas, estrutura de líquidos e soluções eletrolíticas, física molecular (rotação, oscilação), em deutério e água pesada. Aproximação de Eucken da condutibilidade térmica de gases poliatômicos. Cinética de reações gasosas homogéneas e heterogéneas, catálise, engenharia química e química tecnológica.	[36]
Klaus Paul Alfred Clusius (1903-1963) (KPAC)	Technische Hochschule Breslau, Alemanha	1926 (Física)	ATE	Capacidade calorífica de sólidos a baixa temperatura. Propriedades da água pesada (D ₂ O). Química nuclear. Separação dos isótopos de cloro (difusão térmica). Separação e enriquecimento de isótopos estáveis. Calorimetria de alto rigor. Métodos para produção de isótopos de nitrogénio e oxigénio em larga escala.	[37]
Lionel Alfred Kirby Staveley (1914-1996) (LAKS)	Munique, Alemanha	1938 ^a	KPAC	Capacidade calorífica de sólidos a baixa temperatura. Efeitos das composições isotópicas no ponto triplo de líquidos criogénicos. Propriedades de gases simples liquefeitos e suas misturas. Hidrólise e ligações de hidrogénio em soluções de água com vários solventes e de álcoois em solventes não-polares. Ordem e desordem em cristais (posição, orientação e magnética).	[38]
Jorge Carreira Gonçalves Calado (1938-...)	Oxford, Reino Unido	1970 (DPhil)	LAKS	Termodinâmica de fluidos moleculares e suas misturas. Energética de reações químicas. Baixas temperaturas e altas pressões. Condutibilidade térmica de líquidos.	Notas pessoais do autor

^a De facto Lionel Staveley não defendeu a sua tese em Munique, devido ao início da 2.ª Grande Guerra Mundial. No entanto o seu trabalho foi reconhecido em Oxford, com a sua eleição como *Fellow* e Tutor no *New College*, Oxford, tendo mais tarde recebido o título de *Doctor of Science*, também na Universidade de Oxford [38].

Tabela 1b – Dados sobre a atividade científica dos cientistas da árvore genealógica do autor (raiz William (Bill) Wakeham).

Cientista	Universidade	Doutoramento	Supervisor / Mentor	Área de trabalho	Referência
Friedrich Stromeyer (1776-1835) (FS)	Göttingen, Alemanha	1800 (MD) (Química)	Johann Friedrich Gmelin e Louis Nicolas Vauquelin	Descoberta do cádmio em 1817. Química da arsina (AsH ₃) e dos sais de bismuto. Descoberta do mineral eudialite (nos sienitos nefelínicos) em 1819. Mineral stromeyerite (AgCuS) nomeado em sua honra em 1832. Iniciou o primeiro laboratório alemão de ensino experimental da química.	[39]
Robert Wilhelm Eberhard Bunsen (1811-1899) (RWEB)	Göttingen, Alemanha	1831 (Química)	FS	Descobriu os compostos organo-arsénicos (primeiro antídoto eficaz para envenenamento por arsénio); inventou o espectroscópio e a análise espectroquímica com Kirchhoff, com quem descobriu o cézio, o rubídio, e o lítio isolado; co-fundou com Roscoe a Fotoquímica; especialista em métodos gasométricos; inventou o queimador de Bunsen; primeiro a propor a explicação correta do funcionamento dos geisers; desenvolveu o primeiro processo eletrolítico em larga escala para a produção de magnésio metálico.	[40]

Tabela 1b (cont.) – Dados sobre a atividade científica dos cientistas da árvore genealógica do autor (raiz William (Bill) Wakeham).

Cientista	Universidade	Doutoramento	Supervisor / Mentor	Área de trabalho	Referência
Adolph Wilhelm Hermann Kolbe (1819-1884) (AWHK)	Marburg, Alemanha	1843 (Química)	RWEB e Friedrich Wöhler	Pioneiro no desenvolvimento de fórmulas estruturais para compostos orgânicos; realizou a segunda “síntese total” de um composto orgânico (ácido acético) a partir de precursores inorgânicos; introduziu o termo “síntese” na linguagem química; sintetizou o ácido salicílico e mostrou o seu valor como conservante; descobriu o ácido triclorometano-sulfônico e o nitrometano; descobriu a hidrólise dos nitrilos a ácidos carboxílicos; previu a existência de álcoois secundários e terciários; sintetizou a taurina, o ácido malônico e o formato de potássio; determinou a composição do ácido láctico, da alanina, e do ácido amino-acético; primeiro a aplicar a eletrólise à síntese; identificou o grupo funcional carbonilo.	[41]
Henry Edward Armstrong (1848-1937) (HEA)	Leipzig, Alemanha	1869 (Química)	AWHK	Desenvolveu (com Frankland) um método para determinar impurezas orgânicas nos esgotos e de matéria de esgoto na água potável; estudou a química de substituição da naftalina, permitindo que os fabricantes de corantes tivessem algum controle nos produtos derivados da naftalina; investigou a química da substituição de derivados de benzeno, p. ex. a anilina, e estudou a morfologia cristalina dos benzenos substituídos; originou a teoria das quinonas para a cor de corantes; estudou a constituição da cânfora e seus derivados, e enzimas vegetais. Fundou o 1.º curso de três anos de engenharia química na <i>Central Institution</i> em Londres, precursor do <i>Imperial College</i> .	[42]
Thomas Martin Lowry (1874-1936) (TML)	Central Technical College, Londres, Reino Unido	DSc (1899)	HEA	Teoria ácido-base de Brønsted-Lowry; rotação ótica (enantiômeros).	[43]
Kenneth Edmond Grew (1912 (?)-1971)	Cambridge, Reino Unido	1936 (Química)	TML	Eletrodeposição do hidrogênio; capacidade da dupla camada; difusão térmica em gases.	Cambridge University Library (16/04/2019)
Sir William Arnot Wakeham (1944-...)	Exeter, Reino Unido	1969 (Física)	KEG	Difusão térmica em gases. Propriedades de transporte e termodinâmicas (termofísicas) de fluidos, em gamas alargadas de pressão e temperatura. Nova instrumentação de medição rigorosa de propriedades termofísicas. Condutibilidade térmica, coeficientes de difusão, viscosidade. Sensores. Previsão e estimativa de propriedades. Projeto tecnológico de equipamentos da indústria química.	Notas pessoais do autor

3.3. A árvore, as raízes e os ramos

O conceito de árvore genealógica, com raízes (os ascendentes) e ramos (os descendentes), ilustra, de forma conveniente, necessariamente com informação limitada, o ambiente científico de cada autor (Figura 9). No que respeita aos estudantes que obtiveram doutoramentos sobre a minha orientação (ou co-orientação, a ponteados) apresentamos a informação no setor ramos da árvore.

4. O futuro da Termofísica

A Termofísica teve uma evolução muito grande na 2.ª metade do século XX. Saliento a contribuição fundamental do Professor Joseph Kestin (1913-1993), na Universidade de Brown, Rhode Island, EUA. A sua clarividência permitiu que não se constríssem equipamentos de medição de propriedades termofísicas sem se basearem em modelos físicos adequados, com

resolução matemática e equações de trabalho, com correções resultantes do afastamento do modelo ideal ao modelo real, construído no laboratório, minimizando estes afastamentos por um projeto cuidado e racional do equipamento. Em colaboração com o Professor Edward Mason (1926-1994), estabeleceu os modelos moleculares fundamentais para o cálculo das propriedades de transporte de gases e suas misturas e a extensão do princípio de estados correspondentes para aplicações científicas e industriais. Esta filosofia foi transmitida a dois grandes discípulos seus, o Professor Akira Nagashima, da Universidade de Keio, Yokohama, Japão e William Wakeham, do *Imperial College*, Londres, Reino Unido, e meu supervisor. Dada a importância da interpretação dos fenómenos junto a pontos críticos G-L, G-L-L, e meta-estabilidades, seja do ponto de vista experimental como teórico, é justo salientar as contribuições do Professor Ian Sengers (1931-...), da Universidade de

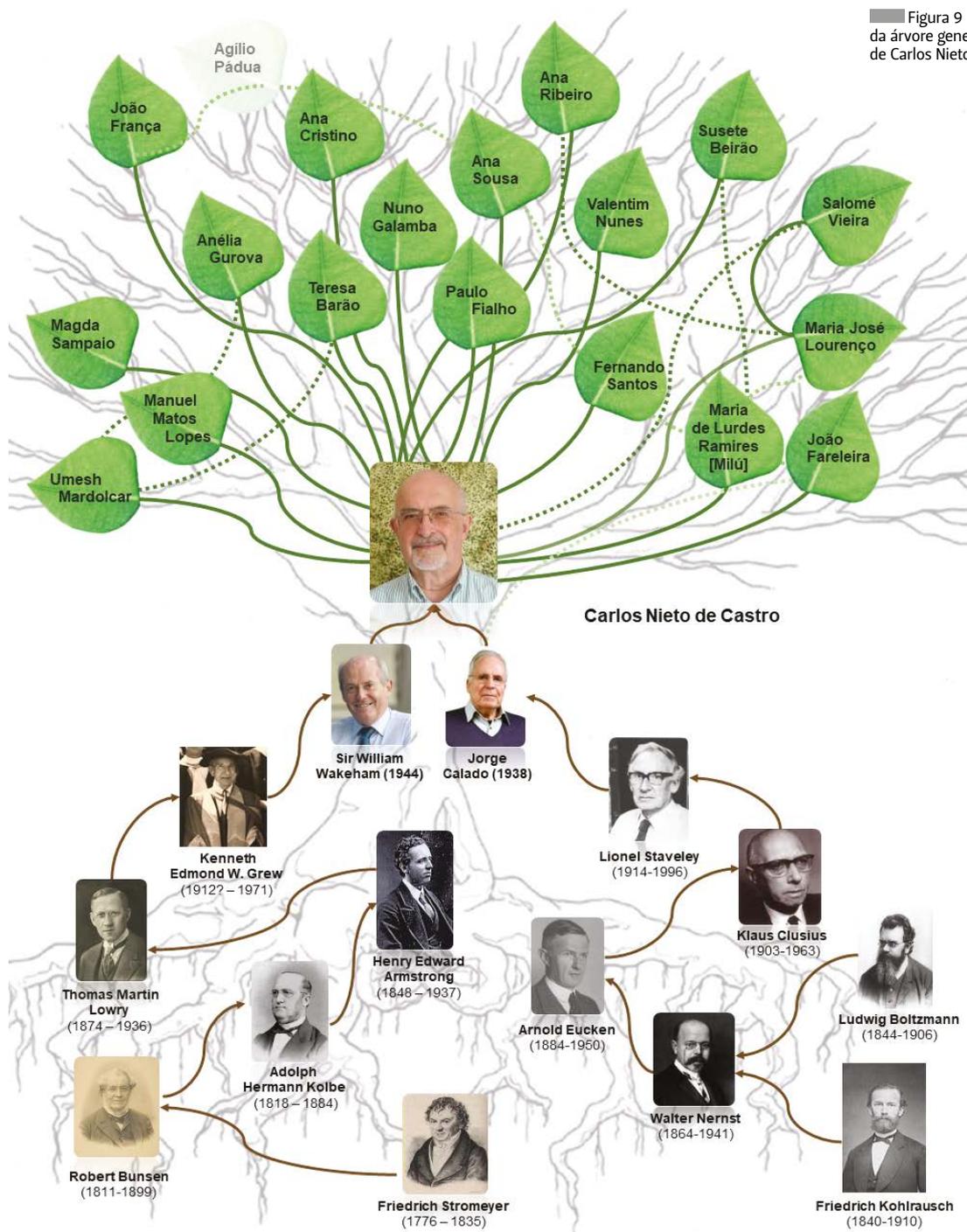


Figura 9 - Raízes e ramos da árvore genealógica científica de Carlos Nieto de Castro.

Maryland. Nesta fase, as técnicas rigorosas de medição foram desenvolvidas pela primeira vez (1950-1970). Esta visão originou a expansão da Termofísica de fluidos no mundo inteiro entre 1970 e 1986, gerando várias escolas noutros países, nomeadamente europeus e asiáticos, e nas quais se inclui a de Lisboa (que iniciei com o meu doutoramento no IST) e contribuindo para o patamar da Termofísica entre 1986 e 2000. As mesmas técnicas experimentais, com algumas pequenas modificações, foram aplicadas a uma gama maior de fluidos, com

moléculas mais complexas, e em gamas alargadas de temperatura e pressão. No intervalo 1986-2000 atingiu-se a "estabilidade" das medições, o patamar da Termofísica, com os mesmos métodos de medição, com aplicações a novos refrigerantes, exigidas pelo protocolo de Montreal (1987). A partir de 2000 novos sistemas, incluindo os nanossistemas, obrigaram a adaptações e modificações nas metodologias utilizadas até então. A Figura 10 ilustra esquematicamente esta evolução. Qual o futuro? A Entropia prevalece...

Fazer boas medições de propriedades termofísicas é difícil e demorado, e não está na moda nem é economicamente atraente para as indústrias e agências de financiamento. A necessidade de dados rigorosos sobre propriedades termofísicas dos fluidos foi substituída, até certo ponto, por métodos alternativos de cálculo de propriedades, principalmente com base em simulação de computador ou metodologias de previsão/estimativa (mais baratas, mas mais arriscadas) [35]. As razões para esta situação devem-se a:

- Mudança de necessidades – Do trabalho de laboratório, local, às medições *in situ*;
- Mudança de paradigma – Adequado para o fim em vista, em vez da melhor incerteza;
- Mudança das prioridades de financiamento das agências estatais de financiamento – Prioridade para a pesquisa orientada/patrocinada pelo setor industrial;
- Decréscimo para a indústria do valor acrescentado dos dados de propriedade de boa qualidade;
- O uso exagerado e indevido de equipamentos comerciais, com métodos de medição não adequados aos sistemas em estudo e ao estado termodinâmico envolvido.

As novas tendências de pesquisa em Termofísica são: 1) Materiais para engenharia nuclear; 2) Materiais para armazenamento térmico; 3) Corpos planetários (propriedades térmicas e fluxo térmico); 4) Sais fundidos para aplicações solares; 5) Propriedades térmicas de rochas de reservatórios petrolíferos e de gases; 6) Materiais macios (têxteis, produtos alimentares, fluidos corporais); 7) Indústria siderúrgica/ligas (produtos de fundição e ligas especiais); 8) Nanofluidos e IONanofluidos (não aquosos e altas temperaturas); 9) Produtos químicos conformes com o REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*) e as exigências ambientais e de saúde; 10) Propriedades termofísicas da água do mar (superficial e profunda); e 11) Novos lubrificantes.

A Cooperação Internacional é fundamental. A EURAMET (*European Association of National Metrology Institutes*) identificou que os principais gatilhos sociais e económicos que impulsionam o desenvolvimento de medições termofísicas são a energia, o meio ambiente, a produção e o processamento avançado (controlo digital), segurança e saúde [45]. Assim, a metrologia para propriedades termofísicas contribuiu substancialmente para as prioridades “Desafios Societais”, em foco no programa Horizon Europe 2020 e estará presente nas suas extensões para os próximos anos. Na Agenda 2030, que reúne 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e 169 metas, num compromisso que respeita a qualidade de vida das próximas gerações, estou certo que a Termofísica terá um papel de destaque, principalmente nas energias renováveis e acessíveis, na indústria,

inovação e infraestruturas, nos consumos e produções responsáveis, e na ação climática e proteção da vida.

Como James Dewar (1842-1923) disse um dia “*Minds are like parachutes. They only function when they are open*”. A sociedade precisa de cidadãos, cientistas e empreendedores que apliquem este pensamento. A Termofísica precisa de pessoas com entusiasmo para novas ideias, de criatividade para influenciar o futuro que se pretende sustentável, em quem agentes financiadores e inovadores deem o seu apoio.

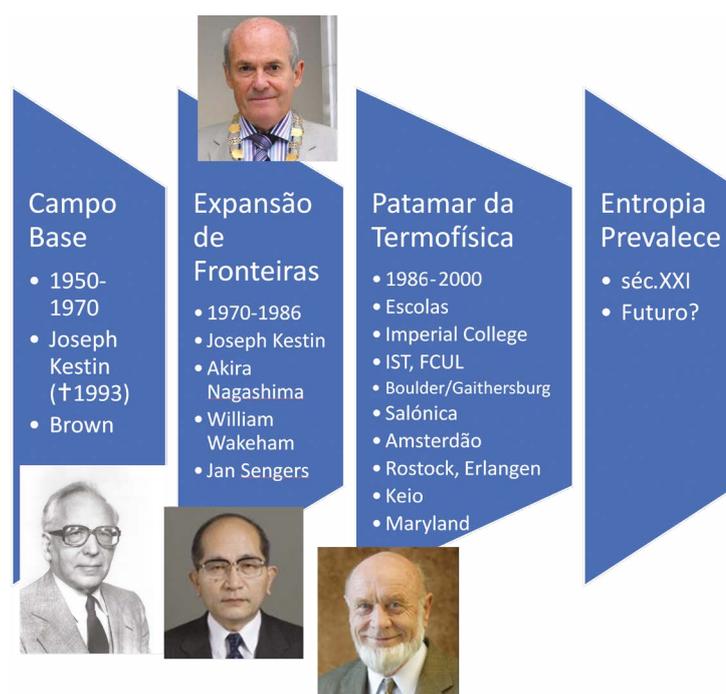


Figura 10 – Evolução e futuro da Termofísica. Fundador, expansores, patamar, e séc. XXI. Adaptada da ref. [44], direitos do autor.

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos os meus Professores e Mentores.

Agradecimentos

Agradeço a todos os meus estudantes e colaboradores por aquilo que contribuíram para a minha felicidade científica e humana, ao receberem os meus ensinamentos e sugestões... Uma palavra especial para a Maria de Lurdes Ramires, aluna e colaboradora notável, cuja vida foi injustamente ceifada em 2004, e para os meus colaboradores Valentim Nunes, Maria José Lourenço e Ana Cristino, pelo apoio que me deram ao arranque da árvore científica e a genealogia académica. Como Fernando Pessoa (1888-1935) disse um dia, “... *O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.*”

Referências

- [1] V. Nunes, M. J. Lourenço, F. Santos, C. A. Nieto de Castro, "Twenty Years of Research on Thermophysical Properties of High Temperature Fluids", IAREC2017, *Proceedings of the International Advanced Research and Engineering Congress*, Recep Halicioğlu et al. (eds.), Osmaniye, Turquia, 16-18 novembro, 2017, 1500-1507. ISBN 978-605-245-037-6. iarec.osmaniye.edu.tr/21963_kongre-k%C4%B0tabi.html.
- [2] C. A. Nieto de Castro, "Vou dar Aula", Jornadas da Química Tecnológica – 2019, 10 de maio de 2019, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- [3] *Chemical Genealogy Database Homepage*: web-genealogy.scs.illinois.edu/index.php (acedido entre maio 2019 e outubro 2021).
- [4] C. A. Nieto de Castro, W. A. Wakeham, J. C. G. Calado, *Rev. Port. Quím.* **1975**, 17, 78-85. spq.pt/magazines/RPQuimica/285/772.
- [5] C. A. Nieto de Castro, J. C. G. Calado, W. A. Wakeham, M. Dix, *J. Phys. E, Sci. Instr.* **1976**, 9, 1073-1080. DOI: 10.1088/0022-3735/9/12/020.
- [6] C. A. Nieto de Castro, J. C. G. Calado, W. A. Wakeham, "Absolute measurements of the thermal conductivity of liquids using a transient hot wire technique", *Proc. 7th Symp. Therm. Prop.*, ASME (ed.) **1977**, 730-253.
- [7] C. A. Nieto de Castro, "Medida da Condutibilidade Térmica de Hidrocarbonetos Líquidos pelo Método do Fio Aquecido", Tese de Doutoramento em Ciências de Engenharia (Termodinâmica Química), Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, julho **1977**.
- [8] I. Newton, *Letter from Sir Isaac Newton to Robert Hooke*, 1645, *Historical Society of Pennsylvania*, digitallibrary.hsp.org/index.php/Detail/objects/9792 (acedido a 25/10/2017).
- [9] C. A. Nieto de Castro, "Métodos Experimentais de Medida de Coeficientes de Difusão em Misturas Líquidas Binárias – Revisão Crítica", Trabalho Complementar para a obtenção do grau de Doutor em Ciências de Engenharia (Termodinâmica Química), Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, outubro **1977**.
- [10] A. Alizadeh, C. A. Nieto de Castro, W. A. Wakeham, *Int. J. Thermophys.* **1980**, 1, 243-284 (538 citações, no Google Scholar, em 3/4/2022). DOI: 10.1007/BF00517126.
- [11] C. A. Nieto de Castro, "Fluid viscosity measurements with the torsionally vibrating crystal", in *Transport Properties of Fluids and Fluid Mixtures*, HMSO (ed.), Edimburgo, Reino Unido, **1980**.
- [12] M. J. Assael, C. A. Nieto de Castro, W. A. Wakeham, "The estimation of the transport properties of fluids, Part II – The economic advantages of accurate transport property data", *Proc. Inter. Chem. Eng. Conf.*, CHEMPOR 78, Braga, Portugal, **1978**, 16.1-16.9.
- [13] C. A. Nieto de Castro, W. A. Wakeham, "The estimation of the transport properties of fluids, Part I – Philosophy and Methods", *Proc. Inter. Chem. Eng. Conf.*, CHEMPOR 78, Braga, Portugal, **1978**, 15.1-15.15.
- [14] C. A. Nieto de Castro, *Química* **2003**, 89, 43-46. DOI: 10.52590/M3.P614.A30001128.
- [15] H. M. Order, C. A. Nieto de Castro, *J. Chem. Eng. Data* **1982**, 27, 12-15. DOI: 10.1021/je00027a002.
- [16] R. A. Perkins, H. M. Order, C. A. Nieto de Castro, *J. Res. NIST, USA* **1991**, 96, 247-269. DOI: 10.6028/jres.096.014.
- [17] H. M. Order, C. A. Nieto de Castro, *Cryogenics* **1987**, 27, 312-313. DOI: 10.1016/0011-2275(87)90060-9.
- [18] U. V. Mardolcar, J. M. N. A. Fareira, C. A. Nieto de Castro, W. A. Wakeham, *High Temp. - High Press.* **1985**, 17, 469-476.
- [19] J. F. Schooley, *Responding to National Needs: The National Bureau of Standards Becomes the National Institute of Standards and Technology*, 1969-1993, *Special Publication (NIST SP 955)*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, **2000**. Citado nas páginas 712-713.
- [20] U. V. Mardolcar, C. A. Nieto de Castro, W. A. Wakeham, *Int. J. Thermophys.* **1986**, 7, 259-272. DOI: 10.1007/BF00500153.
- [21] J. C. G. Calado, U. V. Mardolcar, C. A. Nieto de Castro, H. M. Roder, W. A. Wakeham, *Physica* **1987**, 143A, 314-325. DOI: 10.1016/0378-4371(87)90071-9.
- [22] C. A. Nieto de Castro, R. Tufeu, B. le Neindre, *Int. J. Thermophys.* **1983**, 4, 11-33. DOI: 10.1007/BF00504479.
- [23] *International Association for Transport Properties*: ltpcp.com/index.php/iatp/terms (acedido em 03/05/2022).
- [24] Vários artigos publicados por Ludwig Boltzmann abrem caminho para sua interpretação do mundo, o significado estatístico da entropia e do caos (ordem/desordem), dos mundo micro e macro. Uma análise excelente pode encontrar-se no livro de C. Cergignani, "Ludwig Boltzmann. The man who trusted atoms", Oxford University Press, Oxford, **1998**. ISBN – 0-19-850154-4. Um excelente artigo de divulgação foi publicado por E. Arroyo-Pérez, "Boltzmann – A Termodinâmica e a Entropia – O universo morrerá de frio", National Geographic, Edição Especial, **2018**, 135 pp.
- [25] C. A. Nieto de Castro, S. F. Y. Li, A. Nagashima, R. D. Trengove, W. A. Wakeham, *J. Phys. Chem. Ref. Data* **1986**, 15, 1073-1086. DOI: 10.1063/1.555758.
- [26] M. L. V. Ramires, C. A. Nieto de Castro, Y. Nagasaka, A. Nagashima, M. J. Assael, W. A. Wakeham, *J. Phys. Chem. Ref. Data* **1995**, 24, 1377-1381 (538 citações, no Google Scholar, em 03/05/2022). DOI: 10.1063/1.555963.
- [27] X. Paredes, C. S. G. P. Queirós, F. J. V. Santos, A. F. Santos, M. S. C. S. Santos, M. J. V. Lourenço, C. A. Nieto de Castro, *J. Phys. Chem. Ref. Data* **2020**, 49, 043101. DOI: 10.1063/5.0023160.
- [28] A. J. F. Mendonça, C. A. Nieto de Castro, M. J. Assael, W. A. Wakeham – *Rev. Port. Quím.* **1981**, 23, 7-11. spq.pt/magazines/RPQuimica/303/987.
- [29] W. A. Wakeham, C. A. Nieto de Castro, "Technological Importance", Chapter 2 in J. Millat, J. H. Dymond, C. A. Nieto de Castro (eds.), "Transport Properties of Fluids – Their Correlation, Prediction and Estimation", Cambridge University Press, Londres, **1996**, pp 6-16. ISBN 0-521-46178-2.
- [30] C. A. Nieto de Castro, W. A. Wakeham, "Methodology", Chapter 3 in J. Millat, J. H. Dymond, C. A. Nieto de Castro (eds.), "Transport Properties of Fluids – Their Correlation, Prediction and Estimation", Cambridge University Press, Londres, **1996**, pp 17-26. ISBN 0-521-46178-2.
- [31] V. M. B. Nunes, M. J. V. Lourenço, F. J. V. Santos, C. A. Nieto de Castro, *J. Chem. Eng. Data* **2003**, 48, 446-450. DOI: 10.1021/je0201601.
- [32] J. M. P. França, C. A. Nieto de Castro, V. M. B. Nunes, M. L. S. M. Lopes, *J. Chem. Eng. Data* **2009**, 54, 2569-2575. DOI: 10.1021/je9001071.
- [33] V. M. B. Nunes, M. J. V. Lourenço, F. J. V. Santos, C. A. Nieto de Castro, *Appl. Energy* **2019**, 242, 1626-1633. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.03.190.
- [34] academic.oup.com/chemistry/people/info. php?pid=859426 &acemid=chemistry/tree. php?pid=859426&pnodecount=6&cnodecount=2&fontsize=1 (Acedido em 06/05/2022).
- [35] web-genealogy.scs.illinois.edu/Info/nernsthw.pdf (acedido em 06/05/2022).
- [36] Artigo Eucken e en.wikipedia.org/wiki/Arnold_Eucken (acedido em 06/05/2022).
- [37] en.wikipedia.org/wiki/Klaus_Clusius (acedido em 06/05/2022).
- [38] J. C. G. Calado, *J. Chem. Thermodyn.* **1997**, 29, 247-252. DOI: 10.1006/jcht.1996.0160.
- [39] web-genealogy.scs.illinois.edu/Info/stromeyerf.pdf; en.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Stromeyer (acedido em 06/05/2022).
- [40] web-genealogy.scs.illinois.edu/Info/bunsenrwe.pdf (acedido em 06/05/2022).
- [41] web-genealogy.scs.illinois.edu/Info/kolbeawh.pdf (acedido em 06/05/2022).
- [42] web-genealogy.scs.illinois.edu/Info/armstronghe.pdf (acedido em 06/05/2022).
- [43] web-genealogy.scs.illinois.edu/Info/lowrytm.pdf; en.wikipedia.org/wiki/Martin_Lowry (acedido em 06/05/2022).
- [44] C. A. Nieto de Castro, "Challenges for European science and technology – thermophysic of fluids and nanosystems", *Open Access Government* **2017**, novembro, 218-219. openaccessgovernment.org/open-access-government-november-2017/39524/ (acedido em 04/05/2022).
- [45] J. R. Filtz, J. Wu, C. Stacey, J. Hollandt, C. Monte. B. Hay, J. Hameury, M. A. Villamañan, E. Thurzo-Andras, S. Sarge, *Int. J. Thermophys.* **2015**, 36, 516-528. DOI: 10.1007/s10765-014-1807-x.

>

Carlos A. Nieto de Castro

Centro de Química Estrutural, Institute of Molecular Sciences, Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Professor Catedrático Jubilado da FCUL – Termodinâmica e Processos

de Transporte; Química Tecnológica; Química-Física; Coordenador do Grupo de Termofísica Molecular e Tecnologia de Fluidos do Centro de Química Estrutural da Universidade de Lisboa. Eng. Químico-Industrial – IST-UTL (1971); Doutor em

Ciências de Engenharia (Termodinâmica Química), IST-UTL (1977); Agregação em Química – FCUL, (1980). Fundador do Centro de Ciências Moleculares e Materiais, FCUL (1998-2014). Prémio de Estímulo à Excelência na Investigação, FCT-MCTES, Por-

tugal, 2005. Um dos 2% cientistas mais citados na área da Engenharia Química subárea de Química-Física (*Stanford University Ranking*, EUA, 2020, 2021). cacastro@ciencias.uisboa.pt ORCID.org/0000-0001-9011-5132

Tomé Rodrigues Sobral, Químico e Deputado nas Cortes Constituintes de 1821

>
A. M. Amorim da Costa

Tomé Rodrigues Sobral, Chemist and Deputy in the Constituent Courts of 1821. *In 1821, the Director of the Chemical Laboratory of the University of Coimbra, Tomé Rodrigues Sobral, was elected as a member of the national Portuguese Parliament, the so-called “Constituent Cortes” which worked from January 1821 till November 1822. Here we analyze the political and social ideas he has defended and supported in his parliamentary work.*

Em 1821, Tomé Rodrigues Sobral, à data Diretor do Laboratório Químico da Universidade de Coimbra, foi eleito como Deputado da Província da Beira, para as Cortes Gerais Extraordinárias e Constituintes da Nação Portuguesa, convocadas após a revolução liberal de 1820. Nelas, integrou como membro eleito a Comissão de Manufaturas e Artes. Neste trabalho, analisamos as ideias de política e desenvolvimento social que aí defendeu.

1. Introdução

Numa descrição muito concisa, a página inicial do n.º 1 (1821) do *Diário das Cortes Gerais Extraordinárias e Constituintes da Nação Portuguesa* refere: “em 1820, após a revolução liberal, foram convocadas eleições para as primeiras Cortes Constituintes que se reuniram pela primeira vez em 24 de janeiro de 1821 e que aprovaram a primeira Constituição Portuguesa, em 1822. Inicia-se assim o período histórico denominado de Monarquia Constitucional que mantinha o poder real...” [1].

Dada a sua posição geográfica e a sua importância académica, Coimbra tornou-se um objetivo estratégico tanto para a Junta revolucionária do Porto, como para a Regência de Lisboa. A disputa por Coimbra foi breve e saldou-se pela decidida adesão da cidade à causa revolucionária, com amplo apoio das instituições (Câmara Municipal, Universidade, Casa dos 24), das “forças vivas” e da população, sendo de sublinhar o papel ativo do presidente do município e do bispo e reitor da Universidade. Foi em Coimbra que a Junta, entretanto deslocada do Porto, rechaçou a tentativa falsamente conciliatória da Regência de Lisboa para desativar a Revolução e recebeu logo depois a boa nova da sublevação lisboeta de 15 de setembro, abrindo o caminho ao triunfo da Revolução, com a entrada triunfal em Lisboa, em 1 de outubro, podendo dizer-se que a “conquista” de

Coimbra para a causa liberal constituiu um passo decisivo para o seu triunfo [2].

Nas eleições para as primeiras Cortes Gerais Constituintes então convocadas, a Província da Beira elegeu 17 deputados, entre os quais o então Diretor do Laboratório Químico, Professor Tomé Rodrigues Sobral (1759-1829) (Fig. 1), que após a eleição deixou o cargo de direção do Laboratório a Joaquim Franco da Silva. As Cortes reuniram pela primeira vez em 24 de janeiro de 1821 e duraram até 4 de novembro de 1822. Nesta data, com 63 anos de idade, mas com vários problemas de saúde, Tomé Rodrigues Sobral aproveitou a aproximação do termo do seu mandato de deputado para pedir a jubilação, a qual lhe foi concedida por Carta Régia de 12 de dezembro de 1822. Não regressou, todavia, de imediato a Coimbra como se deduz do facto de em outubro de 1822 ter passado procuração a Inocêncio da Sequeira Veiga para receber os seus ordenados, procuração essa renovada em outubro de 1823. Embora ausente de Coimbra, continuava interessado e comprometido com a atividade académica. Assim o comprovam quer: i) a sua nomeação pelo Conselho da Faculdade de Filosofia em fevereiro de 1824 para integrar uma comissão então criada para tratar da reforma da Faculdade; ii) a aprovação pelo mesmo Conselho, em julho de 1824, de uma Memória de sua autoria sobre Nomenclatura

Química; iii) a proposta feita pela Faculdade, em março de 1825, para que integrasse uma comissão que a Academia Real das Ciências de Lisboa havia pedido para levar a efeito um plano de melhoramento da agricultura portuguesa; iv) a sua nomeação, em maio de 1828, para vice-reitor da Universidade, cargo que não chegou a aceitar por motivos de saúde.

2. Tomé Rodrigues Sobral, deputado nas Cortes Constituintes

Tendo frequentado a Faculdade de Matemática e a Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra, onde se matriculou em 1778, Tomé Rodrigues Sobral licenciou-se em 1783 na Faculdade de Filosofia e nela se doutorou em 1785, tendo sido contratado como docente da mesma, em 1786, apenas com 26 anos. A partir daí dedicou-se por completo à prática e cultura da ciência química, lado a lado com o exercício do múnus sacerdotal, pois que habilitado com uma boa formação pré-universitária em Latim, Grego, Hebraico, Lógica, Metafísica e Ética, adquirida junto de um mestre particular e no Seminário da arquidiocese de Braga, onde em outubro de 1770 se matriculara na Faculdade de Teologia e viria a ser ordenado Presbítero secular em 1782. Em 1821, nas eleições para as primeiras Cortes Gerais Constituintes, foi eleito deputado pela Província da Beira.

Os trabalhos das Cortes Constituintes visavam, como finalidade primeira, elaborar e aprovar uma constituição para Portugal. Acabaram, todavia, por assumir a missão de designar um novo governo, denominado de Regência, que substituiu a Junta Provisional do Governo do Reino, que dirigia o país desde a Revolução de 1820. Para além disto, legislaram sobre os mais diversos assuntos relacionados com a gestão do Reino, como por exemplo: a abolição da Inquisição, da Censura Prévia e da Lei de Morgadio. E ainda estabeleceram a Liberdade de Imprensa.

Uma vez eleito deputado, transferiu-se para Lisboa, fixando residência na Rua da Atalaia, 31, no Bairro Alto. Do ponto de vista de notoriedade imediata, a sua participação nos trabalhos parlamentares passou praticamente despercebida. A sua formação académica e eclesiástica não o habilitava para ser grande tribuno, por maior que fosse o interesse que votava aos assuntos que se discutiam no dia a dia. Não há referência a qualquer contributo direto de Tomé Rodrigues Sobral para o articulado da nova Constituição que haveria de consagrar a forma de organização do Estado Liberal que a Revolução de 1820 pretendia e apregoava. No entanto, manteve sempre vivo o interesse pelos trabalhos e assuntos que se discutiam no dia a dia das Cortes. Uma prova disso são, por exemplo: (i) o relevo que deu ao “oferecimento que fez o cidadão João da Mata Milheiro de cento e



Figura 1 - Tomé Rodrigues Sobral. Tela existente na Sala das Sessões, Assembleia da República. Imagem retirada por recorte da capa do livro de Aires A. Diniz et al. “Tomé Rodrigues Sobral (1759-1829)”, Lema d’Origem Ed., 2019.

cinquenta exemplares do seu plano e reflexões para a extinção do ágio da moeda... distribuídos pelos membros do Congresso” [3]; (ii) a oferta que fez aos mesmos membros de “um opúsculo anónimo intitulado *Reparos ao Projeto*, o qual foi recebido com agrado [4]; (iii) as lembranças que apresentou às Cortes, para o bem da Nação, sobre o Código Civil e Criminal e que as mesmas se apressaram a remeter às Comissões de Justiça Civil e Criminal [5]. Sem intervir diretamente sobre certos assuntos, mantinha sobre eles grande atenção e procurava influenciar o seu tratamento em sede própria.

Feita esta observação, a atividade de Tomé Rodrigues Sobral como deputado nas Cortes Gerais de 1821 deve ser centrada no trabalho que realizou na Comissão de Manufaturas e Artes para a qual foi eleito, e em cujos pareceres está bem marcada a sua presença, quer na aprovação, quer na reserva que lhe mereceram.

De facto, não faltavam no programa de trabalho das Cortes áreas em que poderia ser chamado a uma melhor e mais ativa contribuição. As Comissões eram

a melhor sede criada no seio das Cortes para estudar e definir os melhores meios e o quadro mais adequado que permitissem às Câmaras de todo o país trabalhar para conseguir o novo Reino que tanto se desejava.

De acordo com o que se dispunha no Projeto de Regimento elaborado logo em 1820, sob a orientação de Joaquim José da Costa de Macedo [6], as Comissões Permanentes deveriam ser tantas quantas as que fossem julgadas necessárias para a expedição dos negócios que nelas haveriam de ser propostos, para os casos ocorrentes, que assim o exigissem. Os seus membros seriam eleitos por escrutínio.

Das muitas Comissões Permanentes previstas e logo criadas, destacamos aqui a Comissão das Pescarias, a Comissão de Agricultura, a Comissão de Manufaturas e Artes, a Comissão de Fazenda, a Comissão do Comércio, a Comissão Especial de Lanifícios e a Comissão de Saúde Pública, para além das Comissões para a organização na área Militar, da Marinha, do Ultramar, dos Negócios Políticos e Diplomáticos e da Reforma e Expediente Eclesiásticos.

Tomé Rodrigues Sobral foi eleito com 71 votos para a Comissão de Manufaturas e Artes, seguindo-lhe, em número de votos, Francisco Van Zeller (70 votos), João Pereira da Silva (67 votos), Hermano José Braamcamp (66 votos), Francisco António dos Santos (64 votos), Manuel Gonçalves Miranda (41 votos) e Francisco de Paula Travassos (27 votos). Esta foi a Comissão Permanente que integrou durante todo o seu mandato de deputado.

Lente de Química da Universidade de Coimbra, Tomé Rodrigues Sobral nela subscreveu os muitos pareceres elaborados pela Comissão em causa, no curto espaço de tempo em que funcionou. Há apenas dois ou três casos em que o seu nome não aparece na relação desses pareceres devidamente transcritos no Diário das Cortes Gerais. Estamos em crer que estes casos corresponderão a omissão involuntária do escrivão, ou a casos de ausência, justificada ou não, de Rodrigues Sobral. Em muitos desses pareceres ele terá sido o relator, como o deixam adivinhar a semelhança dos textos da redação com textos de escritos e publicados por ele antes de ser eleito deputado. Em nenhum há qualquer nota em que se tenha dissociado ou apresentado voto de reserva do teor dos mesmos. Por isso é com confiança que deles podemos inferir qual fosse o seu pensar e as suas convicções sobre as matérias versadas.

Sabemos que esteve quase sempre do lado da maioria nas principais votações. Nomeadamente, quanto à definição do regime, votou a favor da existência de uma só Câmara; votou também a favor do veto suspensivo, da criação do Conselho de Estado proposto pelas Cortes, pela perda de cidadania e saída do Reino para os cidadãos que não jurassem a

Constituição. Votou contra a composição da deputação permanente que foi aprovada, mas favoravelmente quanto à eleição de um sétimo membro; votou contra a suspensão do *habeas corpus* no caso de rebelião ou invasão, concordando, todavia, com a mesma suspensão nos casos de conspiração; contrariou os projetos autonomistas para o Brasil, defendendo relativamente a este país e território nacional, com seu voto com a maioria; votou a favor duma expedição ao Rio, da representação da Junta de S. Paulo e do regresso imediato do Príncipe, embora defendesse a existência de umas Cortes nesse país [7].

Em particular, é de salientar o teor das suas posições em matéria do desenvolvimento económico do Reino, pugnando pela criação de uma nova ordem económica na indústria portuguesa e pondo em evidência os seus conhecimentos em matéria de química, reiterando posições que vinha defendendo de há muitos anos, enquanto Professor de química, à frente do Laboratório Químico da Universidade.

De facto, por diversas vezes, nos anos antes de ser eleito deputado às Cortes constituintes de 1821, Rodrigues Sobral defendeu, publicamente, em longos e pormenorizados escritos, o nacionalismo e liberalismo necessários para o adequado e bom desenvolvimento económico do país e o eficaz aproveitamento das riquezas nacionais. A comprová-lo aqui deixamos algumas citações:

(i) em 1816: “...o nosso País não é um dos menos favorecidos pela Natureza (...) mas apesar das riquezas naturais que gratuitamente nos oferece, ainda hoje preferimos enriquecer os outros com o numerário que lhes damos pelos metais de que tanto carecemos. (...) Se se houvesse aplicado até agora mais indústria e cuidado no melhoramento do ferro que se extrai nas nossas ferrarias que somas incalculáveis não teriam ficado em Portugal? Um exemplo bem recente que me é bem desagradável em um sentido, confirmará o que fica dito e servirá de monumento que ateste aos séculos futuros ou a nossa pobreza, ou a nossa negligência n’este artigo até à época presente. Falo da soma de muitos mil cruzados que já enviámos, ou temos de enviar para a Suécia pelo ferro com que deve formar-se a grande balaustrada que deve cercar o nosso Jardim Botânico: obra soberba e digna do grande Prelado que a manda executar. Quem pensará depois deste facto que a oito léguas de Coimbra uma rica mina de ferro está atualmente em atividade?” [8].

(ii) ainda em 1816: “ainda que este sal [9] não constitua em si mesmo um artigo muito importante, contudo os Alemães o têm há muito tempo tornado do interesse da sua Nação, fazendo dele um comércio exclusivo; e Bayen o julgou igualmente interessante para a França onde procurou introduzir a sua preparação. É bem digna de citar-se a reflexão que ele

faz por esta ocasião; e eu referirei fielmente a sua passagem que me parece vir muito a propósito a nosso respeito, e confirmar o meu modo de pensar em circunstâncias análogas que fizeram objeto de outro meu Escrito [10]: "*l'importation de ce sel en France*, dizia Mr. Bayen, *n'est pour l'Etat une affaire de grande conséquence, mais à moins d'une necessite absolue, peut-on laisser sortir du royaume la plus petite somme d'argent? Non sans doute, et nous croyons que l'importation du sel d'accille ne coutat elle à la France que dix mille livres par an, doit être, non pas prohibée, mais reduite nulle par l'établissement de quelques usines où on le fabriquerait* (Ann. De Ch. Tom XIV, pg.4)" [11].

(iii): o mesmo espírito e idênticas afirmações podemos encontrar no seu escrito desse mesmo ano, em que se refere às dificuldades que teve para corresponder eficaz e rapidamente à produção de pólvora para o exército aquando da chegada das tropas francesas por falta de uma boa nitreira [12] e também no escrito em que trata da análise das quininas recebidas do Brasil em que louva muito entusiasticamente a atitude da Condessa, que ao ver o uso que dessas quininas se fazia no Brasil, logo tomou a iniciativa de enviar uma amostra ao nosso Rei pedindo-lhe que providenciasse uma boa análise química delas para que fossem devidamente aproveitadas e usadas no nosso país. Citamos "faz bem ver os patrióticos sentimentos de S. Ex. e que logo que um objeto qualquer é ou se representa ser de pública utilidade lhe merece logo toda a atenção" [13].

No que respeita, pois, à produção nacional e relativamente à dependência do estrangeiro, podemos concluir com o espírito que a ela subjaz e a mensagem que pretende transmitir: "...se é útil que no Reino haja minas de todo o género, também o deve ser que se conheçam e se saibam onde existem: e ainda mais útil o deve ser que elas se aproveitem; doutro modo, *cui bono?*" [14]. Rodrigues Sobral defendeu na Comissão de Manufaturas e Artes estes mesmos princípios de liberalismo económico, empenhado que estava na "luta por uma nova economia e organização social" [15], como bem o revelam os pareceres que aí aprovou e subscreveu com os demais membros da Comissão.

Nunca o Estado poderia deixar de se propor o bem comum como propósito e fim orientador de sua ação, num quadro de justiça e liberdade de afirmação dos seus cidadãos. Defender o indivíduo, as famílias, as associações e as empresas deveria ser sempre um princípio básico da sua atuação. Doutro modo, "*cui bono?*" e "a quem beneficia" a sua ação? Esta expressão latina atribuída por Cícero ao famoso cônsul e censor seu concidadão Lúcio Cássio, considerado pelo povo romano como um juiz muito honesto e sábio, foi para Rodrigues Sobral farol

e princípio orientador duma ação eficaz do serviço da nação que lhe fora confiado ao ser constituído responsável muito direto pela sua governança, no cargo de deputado. Este espírito, ousamos dizê-lo, orientou-o como grande pano de fundo de todos os pareceres que saíram da Comissão. Para o provar, basta-nos trazer à colação alguns deles:

(i) Na sequência duma representação exposta pelo Doutor Joaquim Baptista, médico de Alafões, sobre a "arte de mineração e a lavra das minas metálicas", uma das fontes da riqueza e prosperidade da Nação, e defendendo-se expressamente a liberdade de Comércio então em vigor a propósito das aguardentes estrangeiras, mas que muitos entendiam ser necessário derrogar, enquanto outros opinavam e defendiam "que a entrada dos géneros Estrangeiros longe de empobrecer uma nação a enriquece: porque a exportação de um país é igual à sua importação", houve prolongada dissensão entre os membros da Comissão sobre o parecer a emitir. Rodrigues Sobral, esteve do lado dos membros que aprovaram o parecer final, favorável à derrogação, afirmando-se pela "mais ampla liberdade, impondo, todavia, as restrições necessárias para obstar aos progressos da libertinagem e ladroerias" [16]. Ao tomar esta posição, Sobral sabia que se afastava das posições defendidas por Chaptal, Say, Smith, Ricardo e outros economistas que ele próprio considerava excelentes em teoria, mas que tinha "como não aplicáveis na prática no nosso país, no estado atual das coisas, e no sistema geral adotado por todas as outras Nações" [17]. Era o bem do país e dos cidadãos portugueses que devia sobrepor-se a todo e quaisquer outros princípios [18].

(ii) Quanto à liberdade dos cidadãos que devia ser salvaguardada em todas as decisões a tomar, a posição da Comissão foi claramente expressa no parecer que emitiu quando chamada a apreciar os exames a que o Intendente Geral da Polícia mandou proceder por peritos, acerca da demolição dos cárceres da extinta Inquisição de Lisboa, Évora e Coimbra e que foram enviados às Cortes através do Ministro dos Negócios do Reino. Baixados à Comissão de Manufaturas e Artes para parecer, esta Comissão deixou bem clara a sua posição sobre a Liberdade e contra os procedimentos de atuação geral da Inquisição. Todos os membros desta Comissão manifestaram profundo horror e uma justa indignação "à vista das descrições daqueles cárceres e segredos em a que tantas vezes sofreu a inocência e a humanidade", e afirmaram que deviam desaparecer totalmente "do solo de um país livre e ilustrado até os mais pequenos vestígios daqueles muros em que outrora ressoaram os ais e gemidos das infelizes vítimas da superstição e do erro", sendo de parecer: "1.º que se ordene ao Governo que faça expedir as mais positivas ordens para

se destruir aquela parte dos cárceres que foram da inquisição de Évora, cuja demolição pode efetuar-se sem detrimento dos edifícios a que pertencerem; 2.º que o resto destes cárceres, assim como os da cidade de Coimbra, visto acharem-se ligados aos edifícios de maneira, que sem dano deles não podem ser demolidos, fiquem a cargo do Governo, a fim de os mandar arrasar com a brevidade e economia que é de esperar do seu zelo; 3.º que logo e sem demora faça demolir os cárceres da extinta inquisição desta cidade, ordenando que todos os materiais tirados das suas ruínas e que puderem empregar-se nas obras da calçada e assentos da gradaria da praça do rocío sejam nela despendidos, a fim de que pela sua muda mas energética linguagem, despertem a atenção dos espectadores que naquele sítio concorrerem” [19].

Pugnava-se por um país livre e ilustrado, onde não se condescendesse com quaisquer atentados contra a liberdade e se acabasse com todos os atos de terror e barbárie como aqueles de que haviam sido muitas das vítimas da Inquisição, acusadas de superstição e de erro, muitas vezes inocentes e sem que lhes fosse dada a oportunidade de se defenderem convenientemente. Que as pedras dos cárceres em que haviam padecido fossem agora destinadas a ornar o monumento que o novo país deveria erguer e dedicar à saudável liberdade de todos os seus cidadãos!

(iii) Quando foi chamada a dar o seu parecer sobre os muitos pedidos de privilégios ou subsídios que pudessem tornar mais eficazes e rentáveis as condições de laboração, na exploração do carvão nas minas de S. Pedro da Cova ou nas de Cabo Mondego, na exploração do Ferro nas minas da Foz d’Alge, na fábrica de vidros estabelecida na Marinha Grande pelos irmãos Guilherme e João Diogo Stephens, no estabelecimento de uma fábrica, a pedido do Sr. Cardoso Pinto de Menezes para produção em grande dos ácidos sulfúrico, nítrico e muriático e na indústria dos lanifícios, a Comissão de Manufaturas e Artes sempre deixou expressamente afirmado o que deixou exarado no seu parecer emitido a 2 de junho de 1821, a propósito de um pedido do Sr. António Gamarro, espanhol naturalizado e a viver em Portugal, para fabricar sabão no nosso país: “a Comissão reconhece que todo o cidadão não só deve ser livre, mas até lhe incumbe como um dos seus mais sagrados deveres sociais, promover, por todos aqueles meios que estiverem ao seu alcance, a indústria nacional; reconhece igualmente que seria muito vantajoso para a Nação que o sabão sólido, ou como vulgarmente se diz, sabão de pedra, fosse fabricado com matérias unicamente do país, a fim de evitar a saída de somas consideráveis que passam aos estrangeiros já por diferentes óleos de peixe, de palma e outros...” [20]. E logo, faz notar que embora

todo o cidadão deva ser inteiramente livre no desenvolvimento das suas iniciativas empresariais, não se pode esquecer nunca que a esse mesmo cidadão incumbiam certos “deveres sociais” que deveriam ser considerados sagrados, cujo cumprimento deve ser sempre lembrado, incitando sempre o cumprimento e reprovando o incumprimento. É de recordar aqui o parecer de 14 de outubro de 1821 a propósito do requerimento do Sr. José de Sousa e Oliveira, administrador da Fábrica de Vidros da Marinha Grande: “de todas as fábricas estabelecidas no reinado do Sr. D. José nenhuma a excedeu na extensão da sua indústria e poucas a igualaram na perfeição dos seus produtos. O zelo e virtudes dos irmãos Stephens não se limitaram simplesmente a um estabelecimento fabril, já de si muito importante para os povos da comarca de Leiria, mas seus corações generosos e sensíveis não podiam por muito tempo suportar o quadro de miséria e desolação que reinava por aqueles sítios; adiantaram cabedais aos lavradores, animaram a agricultura, convidaram colonos, e as charnecas da Marinha Grande pela primeira vez viram a charrua; homens que a pobreza tinha habituado à preguiça e mendicidade tornaram-se industriosos e pelo benefício destes bons estrangeiros até em poucos anos melhorou a educação e rude índole daqueles camponeses” [21].

A expressa defesa da liberdade de todos os seus cidadãos para poderem tornar mais eficazes e rentáveis as condições de laboração e exploração das riquezas nacionais e melhor desenvolvimento do país, está bem patente na defesa da liberdade dos mesmos no exercício de objetivo orientador dos pareceres emanados da Comissão de Manufaturas e Artes que aqui anotámos e noutros por ela apresentados e que nos escusamos de transcrever por repetitivos. No essencial, o que ela preconizava para o país em matéria de economia, era a criação de estruturas que permitissem um desenvolvimento apoiado na industrialização, em contraponto às velhas teorias agrárias dos fisiocratas que pretendiam reduzir o país a uma economia agrícola; a indústria deveria ser a base principal e a grande força de prosperidade do país. Por isso, o Governo lhe deveria dar especial auxílio, removendo obstáculos e criando instituições sábias e reformas apropriadas a um apoio eficaz e rentável. Na linha de Adam Smith (1723-1790) e Jean-Baptiste Say (1767-1832), a Comissão considerava necessário estimular a indústria privada e defendia o apoio estatal à atividade económica em geral. Para que se conseguisse esse objetivo, propunha como essencial a criação de associações literárias e económicas e a criação de bibliotecas públicas, como forma de elevar o nível cultural e tecnológico das populações e assim criar condições para o empreendedorismo

e para o crescimento económico. Tomé Rodrigues Sobral alinhou pelo teor de todos eles.

Neste pressuposto, podemos concluir quanto ele se mostrava eivado pelas ideias do químico francês Chaptal, embora dele discordasse, aqui e ali, como o fez aquando da elaboração do parecer emitido pela Comissão de Manufaturas e Artes na sequência da representação apresentada pelo Doutor Joaquim Baptista, médico de Alafões, sobre a “arte de mineração e a lavra das minas metálicas, uma das mais significativas fontes da riqueza e prosperidade da Nação” em que votou, como já referimos, ser necessário derrogar a legislação então em vigor, favorável a uma total liberdade de comércio, como o defendia Chaptal, Say, Smith, Ricardo, e outros economistas por entenderem “que a entrada dos géneros Estrangeiros longe de empobrecer uma nação a enriquece: e a exportação de um país é igual à sua importação”. Rodrigues Sobral votou então ao lado dos membros, que embora reconhecessem ser necessário defender como Chaptal e seus sequazes a “mais ampla liberdade”, se impunha, todavia, impor “as restrições necessárias para obstar aos progressos da libertinagem e ladroeiros”. Não era por discordar dele numa ou noutra posição doutrinal ou de ação prática que a sua admiração pelo químico francês era posta em causa ou desmerecia da apreciação que dele fizeram Link e Balbi, apelidando-o de o “Chaptal Português”, fazendo-lhe inteira justiça, como o refere Simões de Carvalho na sua *Memória Histórica da Faculdade de Filosofia* [22]. Na chamada “questão dos Manuais” [23], Rodrigues Sobral aceitou a decisão havida na Congregação da sua Faculdade de Filosofia, a 30 de julho de 1798, que se deixasse de ensinar a química pelo compêndio *Fundamentos de Química* da autoria de Scopoli [24] para se ensinar pelo manual *Elementa Chemiae Universe et Medice* da autoria de Joseph Francisci A. Jacquin [25]. Uma vez que este compêndio era ainda raro entre nós e não haveria tempo de se mandar vir em abundância, “se deliberou que se adotaria, na falta dele, o manual da autoria de Chaptal” [26]. O Professor da cadeira era então Rodrigues Sobral que terá, pois, ensinado química, durante alguns anos, pelos *Eléments de chimie* de J. A. Chaptal, conjuntamente com o *Tratado das Afinidades Químicas* da autoria de Guyton de Morveau que ele próprio havia traduzido para português e que considerava, no prefácio com que apresenta o texto traduzido, “o que temos de mais completo nesta matéria”. E daí a admiração que por ele nutria e considerá-lo seu mestre [27].

De facto, J. A. Chaptal (1756-1832), químico, agrónomo e industrial francês, tornara-se particularmente célebre desde que publicara, em 1780, o seu tratado *Eléments de chimie*. A partir de 1795

foi convidado por C. L. Berthollet para lecionar e colaborar em diversas cadeiras de química pura e aplicada, na Escola Politécnica de Paris. Em 1798 foi eleito membro da secção de química do prestigiado Instituto de França. Em 1802 Napoleão escolheu-o para Ministro do Interior. Sob a governação de Napoleão e durante todo o período da chamada restauração Bourbónica tornou-se figura chave do processo de industrialização do país. Presidente, desde 1801, da então fundada Sociedade para o Fomento da Indústria Nacional, organizou e foi o grande mentor das exposições industriais que tiveram lugar em Paris em 1801. Tornaram-se famosos e determinantes os seus estudos e ensaios práticos sobre ácidos, o clorídrico, o nítrico, o sulfúrico e outros de grande uso e utilização no dia a dia e de grande utilidade para a indústria. Tornaram-se igualmente famosos e determinantes os seus estudos e ensaios sobre os mais diversos sais, sobre tinturaria, o aperfeiçoamento dos métodos e matérias a usar no fabrico da pólvora, etc. Escreveu também sobre a química aplicada às artes como sobre os melhores e mais eficazes métodos para produzir e aperfeiçoar os diferentes tipos de vinhos, de fertilizantes, etc.

Todos estes estudos que promoveu e publicou tornaram-no famoso e tiveram grande repercussão prática não só em França como em vários países, dentro e fora da Europa. Portugal não foi exceção. A sua influência nos trabalhos da Comissão de Manufaturas e Artes, dentro dela e nas intervenções que aí produziram Rodrigues Sobral e outros dos seus membros, são evidentes.

3. Conclusão

Em 1872, ao celebrarem-se os cem anos da Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra, J. A. Simões de Carvalho encarregado de escrever a *Memória da Faculdade de Filosofia*, nela deixou exarado, ao referir-se à atividade do Laboratório Químico na época de 1800 - 1820, os anos em que era seu Diretor Tomé Rodrigues Sobral: “foi uma época florescente e memorável do ensino da química em Portugal”. Sob a sua direção, “os trabalhos práticos do laboratório não cessavam, não só em delicadas investigações de química, mas ainda nas mais importantes aplicações industriais. Faziam-se várias e repetidas experiências concernentes à respiração das plantas e outros fenómenos de fisiologia vegetal; ensaiavam-se processos para conservação das substâncias animais e vegetais; preparavam-se sem descanso os principais produtos químicos. Os Professores da Faculdade auxiliavam o seu diretor nas mais arriscadas experiências de química; e empreendiam outros trabalhos relativos às ciências que ensinavam, consultando sempre e ouvindo os sábios conselhos do seu ilustre colega”;

e “ao tempo em que mal se demonstravam ainda os primeiros trabalhos de Watt e Cavendish, trabalha-se nas difíceis experiências de síntese deste líquido” [28].

Em 2022, ao celebrarmos os duzentos anos dos trabalhos das Cortes Constituintes saídas da Revolução Liberal de 1820, podemos e devemos referir que a sua atividade no curto tempo de exercício foi uma atividade marcante, criativa e florescente com ideias inovadoras para a construção de um país verdadeiramente novo, empenhado na promoção dos princípios gerais consagrados na Constituição então aprovada, genericamente baseada nos prin-

cípios de “igualdade” e “liberdade” dos cidadãos e progresso contínuo do seu bem-estar social. Esta atividade concretizou-se muito no trabalho das Comissões que foram criadas no seio das Cortes, julgadas necessárias para a expedição dos negócios do reino nelas propostos e para os casos ocorrentes, que assim o exigissem. A Comissão de Manufaturas e Artes terá sido uma das que mais se distinguiram no exercício do seu múnus. Nela deixou a sua marca, nela serviu e pontificou como membro mais votado, Tomé Rodrigues Sobral, lente de química da Universidade de Coimbra.

Referências

- [1] *Diário das Cortes Gerais Extraordinárias e Constituintes da Nação Portuguesa*, **1821**, 1.
- [2] V. Moreira, *No bicentenário da Revolução Liberal: A crucial adesão de Coimbra*, in *Blogue Causa Nossa* de A. Gomes, J. Wemans, L. F. Borges, L. Nazaré, L. Osório, M. M. L. Marques, V. J. Silva, V. Moreira, 21 de agosto de 2020. causa-nossa.blogspot.com/2020/08/no-bicentenario-da-revolucao-liberal-14.html.
- [3] *Diário das Cortes Gerais Extraordinárias e Constituintes da Nação Portuguesa*, **1821**, 3361.
- [4] *Ibid.*, 2219.
- [5] *Ibid.*, 2890.
- [6] *Projecto de Regimento das Cortes Portuguesas*, por Joaquim José da Costa de Macedo. Lisboa, na Oficina de António Rodrigues Galhardo, **1820**, cap. VII.
- [7] A. A. Diniz, A. J. Alves, M. I. A. Brito, “Tomé Rodrigues Sobral (1759-1829)”, *Lema d’ Origem Ed. Carviçais (TMC)*, **2019**, p. 269.
- [8] T. R. Sobral, *Notícia de diferentes Minas Metálicas e Salinas*, in *Jornal de Coimbra*, **1816**, IX Parte I, 221-240.
- [9] Refere-se ao oxalato ácido de potassa, o sal essencial das azedas.
- [10] Refere-se ao citado escrito sobre *Notícia de diferentes Minas Metálicas...* loc. cit. (ref.^a [8]).
- [11] T. R. Sobral, *Sobre os trabalhos em grande que no laboratório químico da Universidade poderão praticar-se com mais utilidade do Público, e com maiores vantagens do mesmo Estabelecimento*, in *Jornal de Coimbra*, **1816**, IX, Parte I, 293-312, nota in 306-307.
- [12] *Ibid.*, nota in 304-305.
- [13] T. R. Sobral, *Ensaio químico da planta chamada no Brasil Mil-homens, Aristolochia Grandiflora, segundo Bernardino Antonio Gomes*, in *Jornal de Coimbra*, **1814**, VII Parte I, 171-198.
- [14] T. R. Sobral, *Notícia de diferentes Minas Metálicas e Salinas*, loc. cit., 240.
- [15] A. A. Diniz, A. J. Alves, M. I. A. Brito, o. cit., 259-261.
- [16] *O Pregoeiro Lusitano, História circunstanciada da Regeneração Portuguesa. Pt.II, n.º1, em que se descrevem todos os trabalhos das Cortes Atuais, com todos os Discursos, Discussões e Decisões*, Nova Imp. da Viúva Neves e Filhos, Lisboa, **1821**, 31-33.
- [17] *O Pregoeiro Lusitano História circunstanciada da Regeneração...*, loc. cit. p. 33.
- [18] *Diário das Cortes Gerais Extraordinárias da Nação Portuguesa*, **1821**, 226.
- [19] *Ibid.*, 2 de abril de **1822**, 701-702.
- [20] *Ibid.*, 21 de agosto de **1821**, 1974-1975.
- [21] *Ibid.*, 23 outubro de **1821**, 2758.
- [22] J. A. Simões de Carvalho na sua *Memória Histórica da Faculdade de Filosofia*, Imprensa da Universidade, Coimbra, **1872**, 285.
- [23] A. M. Amorim da Costa, “Primórdios da Ciência química em Portugal”, Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Lisboa, **1984**, 60.
- [24] J. A. Scopoli, *Fundamenta Chemiae - Praelectionibus Publicis accommodata*, Apud Wolfgangum Gerlb, Praga, **1777**.
- [25] J. F. A. Jacquin, *Elementa Chemiae Universe et Medice - Praelectionibus suis accommodata*, Freiherr, Viena **1793**; Typis academis, Conimbricae, **1807**.
- [26] J. A. Chaptal, “Eléments de chimie”, Imp. de Jean-François Picot, Montpellier, **1790**, 3 vols.
- [27] Morveau, “Tratado das Afinidades Chímicas”, Real Imprensa da Universidade, Coimbra, **1793**, Trad. T. Rodrigues Sobral, p. V.
- [28] J. A. Simões de Carvalho, *Memória da Faculdade de Filosofia*, loc. cit., 282, 285.

>

António Marinho Amorim da Costa
Departamento de Química da Universidade de Coimbra.

Professor Catedrático Jubilado do Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. O seu trabalho de investigação

foi na Unidade de I&D Química Física Molecular da mesma Universidade, dedicado a estudos de estrutura molecular por espectroscopia vibracional e cálculos teóricos e a estudos de História e Filosofia das Ciências.
acosta@ci.uc.pt

Convenção para a Proibição das Armas Químicas: 25 Anos a Tornar o Mundo Mais Seguro

> Luís Miguel Carvalho

Chemical Weapons Convention: 25 Years Making the World Safer. *The Chemical Weapons Convention (CWC) celebrated the 25th anniversary of its entry into force on April 29, 2022. However, the work developed by the Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW) to achieve the destruction of chemical arsenals and prevent the re-emergence of chemical weapons, awarded with the 2013 Nobel Peace Prize, is still not well known by Portuguese chemists. Starting with a short historic review, this article describes briefly both the CWC and the OPCW. Afterwards, the recent events involving chemical weapons are described and lastly, some final considerations on the actual and future developments related to the CWC are stated.*

A Convenção para a Proibição das Armas Químicas (CPAQ) celebrou a 29 de abril de 2022 os 25 anos da sua entrada em vigor. Contudo, o trabalho desenvolvido pela Organização para a Proibição das Armas Químicas (OPAQ) para assegurar a destruição dos arsenais químicos e prevenir a reemergência de armas químicas, premiado em 2013 com o Prémio Nobel da Paz, é ainda pouco conhecido na comunidade de químicos portugueses. Começando com uma pequena resenha histórica, este artigo descreve sumariamente a CPAQ e a OPAQ. Seguidamente descrevem-se os recentes incidentes envolvendo armas químicas e, por fim, apresentam-se as considerações finais acerca dos atuais e futuros desenvolvimentos relacionados com a CPAQ.

Preâmbulo

A 29 de abril de 2022 celebraram-se os 25 anos da entrada em vigor da Convenção para a Proibição das Armas Químicas (CPAQ). Este é o tratado internacional de desarmamento mais bem sucedido da História, contando com 193 Estados Partes, o que assegura que 98% da população mundial vive sob a proteção desta Convenção [1].

O presente artigo presta-se a ser um pequeno contributo para assinalar a efeméride de tão importante evento. Tendo já sido publicados na *Química* dois textos relacionados com esta temática [2,3], pretende-se com este artigo dar uma vez mais a conhecer à comunidade Química em Portugal a CPAQ e também a organização que a põe em prática, os recentes eventos envolvendo armas químicas e as suas consequências, e também os futuros desafios que serão colocados à Convenção.

Guerra Química

A exploração das propriedades tóxicas de alguns compostos químicos para fins hostis remonta há milhares de anos, tendo vindo a acompanhar o Homem ao longo do tempo. Tais episódios foram marcados pelo engenho e conhecimento dos intervenientes, que utilizaram múltiplas formas de dispersão de substâncias tóxicas de diferentes origens (animal, vegetal e mineral), nomeadamente através da utilização de setas contaminadas ou por combustão de materiais específicos. Contudo, as limitações em termos de eficácia e aplicabilidade tornavam este tipo de armas pouco apelativas do ponto de vista bélico [2].

A Revolução Industrial veio permitir um desenvolvimento tecnológico anteriormente inalcançável, o qual resultou no desenvolvimento da Indústria

Química como hoje a conhecemos. Assim, a capacidade de desenvolvimento e produção de novos compostos químicos com potencial aplicação militar tornou-se possível e estrategicamente interessante. Apesar de casos de utilização anteriores, bem como os tratados internacionais para regular esta matéria (Tabela 1), foi somente na Primeira Guerra Mundial que as substâncias químicas foram, devido à sua toxicidade, utilizadas como armas químicas (AQ) para ataques em larga escala.

Aquela que é considerada a primeira utilização de AQ como arma de destruição em massa ocorreu a 22 de abril de 1915 em Ipres, na Bélgica. Durante a tarde desse dia, o exército alemão libertou mais de 150 toneladas de cloro sobre as forças aliadas, causando cerca de 15 000 baixas, incluindo alguns milhares de vítimas mortais [2,5]. Compreendida a potencialidade das AQ, verifica-se a partir desse momento um investimento por parte de diferentes Estados na investigação e desenvolvimento de agentes químicos de guerra (AgQG) (Tabela 2).

Tabela 1 – Tratados internacionais que regulam a utilização de substâncias químicas para fins hostis.^a

Tratado	Ano de assinatura	Atividades proibidas	Alvo da proibição
Acordo de Estrasburgo	1675	Utilização	Dispositivos tóxicos “pérfidos e odiosos”
Declaração de Bruxelas	1874		“[V]eneno ou armas envenenadas” e “armas, projéteis ou materiais previstos para causarem sofrimento desnecessário”
Convenções de Haia	1899		“[P]rojéteis cujo único objetivo é a difusão de gases asfixiantes ou deletérios”
	1907		“[V]eneno ou armas envenenadas” e “armas, projéteis ou materiais previstos para causarem sofrimento desnecessário”
Protocolo de Genebra	1925		“[G]ases asfixiantes, tóxicos ou similares e de meios bacteriológicos”
Convenção para a Proibição das Armas Químicas	1993	Desenvolvimento Produção Armazenamento Utilização	Armas químicas
Resolução 1540 do Conselho de Segurança da ONU	2004	Apoio a atores não estatais no: Desenvolvimento Aquisição Fabrico Posse Transporte Transferência Utilização	Armas químicas (e biológicas e nucleares)

^a Adaptado da referência [4].

Tabela 2 – Principais agentes químicos de guerra.

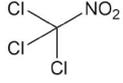
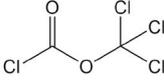
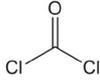
	Agente (Código)	Fórmula molecular	Estrutura
Sufocantes	Cloro (CL)	Cl ₂	Cl—Cl
	Cloropicrina (PS)	CCl ₃ NO ₂	
	Difosgénio (DP)	C ₂ Cl ₄ O ₂	
	Fosgénio (CG)	CCl ₂ O	

Tabela 2 (cont.) – Principais agentes químicos de guerra.

Agente (Código)		Fórmula molecular	Estrutura	
Vesicantes	Lewisite (L)	$C_2H_2AsCl_3$		
	Mostardas de nitrogênio	(HN1)	$C_6H_{15}Cl_2N$	
		(HN2)	$C_5H_{11}Cl_2N$	
		(HN3)	$C_6H_{12}Cl_3N$	
	Mostarda de enxofre (HD)	$C_4H_8Cl_2S$		
Sufocantes	Ácido cianídrico (AC)	HCN	$H-C\equiv N$	
	Cloreto de cianogênio (CK)	ClCN	$Cl-C\equiv N$	
	Arsina (SA)	AsH_3		
Neurotóxicos	Série G			
	Ciclosarin (GF)	$C_7H_{14}FO_2P$		
	Sarin (GB)	$C_4H_{10}FO_2P$		
	Soman (GD)	$C_7H_{16}FO_2P$		
	Tabun (GA)	$C_5H_{11}N_2O_2P$		
	Série V			
	VX	$C_{11}H_{26}NO_2PS$		
Série A*				
A-230, A-232, A-234, etc.				

*Devido ao secretismo e confidencialidade associados aos projetos russos *Foliant* e *Novichok*, a estrutura dos agentes da Série A ainda não foi totalmente esclarecida. Contudo, há consenso na comunidade científica internacional de que os agentes desta série são derivados de uma das três estruturas-base apresentadas [6].

A mostarda de enxofre, também designada gás mostarda ou iperite, foi introduzida na guerra pelos alemães em 1917 e viria a ser o AgQG de maior importância neste conflito. Trata-se de um líquido vesicante que, após contacto, leva à formação de vesículas na pele, provocando também lesões a nível ocular e do trato respiratório através dos vapores libertados. Apesar da baixa letalidade, a mostarda de enxofre causou um elevado número de baixas, tornando os soldados incapazes de combater, gerando um grande problema logístico para garantir o tratamento médico das vítimas.

Durante a Primeira Guerra Mundial foram, em múltiplas ações ofensivas, utilizados 21 compostos químicos diferentes [7] que causaram aproximadamente 1,3 milhões de baixas (Figura 1) e cerca de 90 mil mortes [7-9].



Figura 1 - Linha de soldados britânicos temporariamente cegos devido à exposição a gás mostarda durante a Batalha de La Lys (10 de abril de 1918). Crédito: T. L. Aitken © IWM Q 11586.

Finda a Primeira Guerra Mundial, o esforço da comunidade internacional, potencialmente alavancado pelo repúdio e terror das populações face às AQ, levou ao estabelecimento do Protocolo de Genebra de 1925, o qual proíbe a utilização deste tipo de armas por parte dos seus signatários (Tabela 1) e que se mantém em vigor até aos dias de hoje. Mesmo tendo assinado o Protocolo, a Itália não se absteve de utilizar mostarda de enxofre na Abissínia em 1935 e 1936. Por outro lado, tendo em conta que o tratado não proíbe o desenvolvimento, produção e armazenamento de AQ, foram vários os países signatários que mantiveram tais atividades nas décadas seguintes.

Na década de 30 do século XX surgiram os agentes neurotóxicos, uma nova classe de compostos que, como consequência da hiperestimulação do sistema nervoso, podem levar a paralisia muscular e falência respiratória. O primeiro destes compostos a ser sintetizado foi o tabun (Tabela 2) quando, em 1936, Gerhard Schrader procurava desenvolver novos inseticidas para a Bayer AG do

grupo alemão IG Farben. Dois anos mais tarde, o mesmo grupo viria a sintetizar o sarin, um composto ainda mais tóxico, mas que, devido à elevada corrosividade dos reagentes necessários para a sua síntese e de alguns dos produtos destas reações, foi produzido em pequena escala até ao final da Segunda Guerra Mundial [2,4].

Dado não terem sido utilizadas AQ nos campos de batalha europeus, tem havido uma generalização da ideia de que este tipo de armas não foi empregue na Segunda Guerra Mundial. Contudo, durante a Segunda Guerra Chino-Japonesa, as forças nipónicas utilizaram AQ contendo mostarda de enxofre, fosgênio e gases lacrimogénios em várias ocasiões [10]. Por outro lado, é do conhecimento geral a utilização em massa de Zyklon B, um pesticida que continha cianeto de hidrogénio, nas câmaras de gás dos campos de concentração nazis.

Durante e após a Segunda Guerra Mundial foram várias as nações que desenvolveram os seus arsenais químicos e investiram na pesquisa de novos AgQG. Com o fim do conflito, os Aliados tiveram acesso às infraestruturas, programas e arsenais alemães e tomaram consciência dos progressos alcançados pelos cientistas germânicos [4,7]. Assim, a União Soviética, os Estados Unidos da América e o Reino Unido, entre outros, centraram os seus recursos nos agentes neurotóxicos, com o objetivo de otimizar os processos para a sua produção industrial em larga escala e também para a descoberta de novas moléculas com propriedades similares. Nos anos 50, uma vez mais no âmbito do desenvolvimento de novos pesticidas organofosforados, foi sintetizado e comercializado o Amiton. Esta substância revelou ser demasiado tóxica para utilização na agricultura e, exatamente por isso, chamou a atenção dos químicos militares britânicos que a começaram a estudar [11]. Um dos resultados foi a síntese de um composto análogo de maior persistência, o militarmente interessante VX (Tabela 2). A par deste último, existem duas moléculas estruturalmente próximas que foram desenvolvidas por russos e chineses, conhecidas como VX Russo e VX Chinês, respetivamente.

Duas décadas depois, em 1971, era aprovado o programa soviético *Foliant* [7,12], que resultou no desenvolvimento de novos agentes neurotóxicos da série A (Tabela 2), vulgarmente designados por Novichoks. A generalização do termo “Novichoks” deve-se a um segundo programa soviético cujo objetivo era desenvolver armas químicas binárias¹ a partir dos agentes da série A. Atualmente, a palavra Novichok é recorrentemente utilizada para designar os AgQG e não as armas binárias, como por exemplo na cobertura mediática e publicações científicas decorrentes dos recentes eventos envolvendo este tipo de compostos (ver *Eventos recentes*) [4].

Nas últimas duas décadas do século XX destacam-se dois casos marcantes da utilização de AQ. O primeiro foi o emprego recorrente deste tipo de armas por parte das

forças iraquianas durante a Guerra Irão-Iraque. Esses ataques foram não só efetivados contra os opositores, mas também contra a própria população iraquiana, em particular contra a minoria étnica Curda. O ataque na cidade de Halabja, em 16 de março de 1988, foi provavelmente o maior exemplo dessas ações (Figura 2). A utilização de AQ pelo Iraque foi um dos fatores que alavancaram as discussões sobre a CPAQ e promoveram a sua adoção no início dos anos 90.



Figura 2 - Fotografia icônica do massacre de Halabja: Omar Khawar a tentar proteger o seu filho Mohammed após o ataque das forças iraquianas (cima); e a estátua inspirada na fotografia de Omar localizada junto ao memorial em honra das vítimas (baixo). Crédito: fotografia em cima - AFP; fotografia em baixo - Thea Pedersen.

Assinaláveis foram também os ataques terroristas levados a cabo pelos membros da seita japonesa Aum Shimriko no início dos anos 90. Além de terem sido capazes de produzir, ainda que com baixa pureza, o agente neurotóxico sarin, os terroristas utilizaram-no em duas situações: a libertação numa zona residencial de Matsumoto (junho de 1994) e a dispersão no Metro de Tóquio (março de 1995). O resultado foi a exposição ao agente químico de mais de 600 pessoas em Matsumoto e 5 000 em Tóquio, das quais resultaram 7 e 13 vítimas mortais, respetivamente.

Convenção para a Proibição das Armas Químicas

A CPAQ, formalmente designada por *Convenção sobre a Proibição do Desenvolvimento, Produção, Armazenamento e Utilização das Armas Químicas e sobre a sua Destruição* [13], foi aceite em 1992 na Conferência de Desarmamento, cerca de 24 anos depois do início da sua discussão. A assinatura da Convenção teve lugar a 13 de janeiro de 1993 em Paris, tendo sido assinada por 130 países. A Convenção entraria em vigor quatro anos mais tarde, a 29 de abril de 1997, 180 dias após a ratificação do 65.º Estado Parte.

De acordo com a Convenção, os Estados Partes (EP) “compromete[m]-se, quaisquer que sejam as circunstâncias” a não produzir, armazenar, transferir ou utilizar AQ, a não iniciar preparativos militares para a sua utilização, e ainda a não auxiliar, encorajar ou induzir outros a tomar parte em atividades proibidas pela CPAQ [13].

De acordo com a Convenção, uma Arma Química não se limita ao(s) AgQG nela contidos, estando a sua definição descrita no art.º II.1 da CPAQ:

Por “armas químicas” entende-se, conjunta ou separadamente, o seguinte:

- a) Os produtos químicos tóxicos e seus precursores, excepto quando se destinem a fins não proibidos pela presente Convenção, desde que os tipos e as quantidades desses produtos sejam compatíveis com esses fins;
- b) As munições e dispositivos especificamente concebidos para causar a morte ou provocar lesões através das propriedades tóxicas dos produtos químicos especificados na alínea a), quando libertados como resultado da utilização dessas munições ou dispositivos;
- c) Qualquer equipamento especificamente concebido para ser utilizado em relação directa com a utilização das munições e dispositivos especificados na alínea b) [13].

De igual importância reveste-se a definição de “produto químico tóxico” (art.º II.2):

[...] todo o produto químico que, pela sua acção química sobre os processos vitais, possa causar a morte, a incapacidade temporária ou lesões permanentes em seres humanos ou animais. Ficam abrangidos todos os produtos químicos deste tipo, independentemente da sua origem ou método de produção, e quer sejam produzidos em instalações, como munições ou de outra forma [13].

A abrangência contida nestas definições garante que qualquer composto químico, tendo em conta o contexto e propósito com que é utilizado, pode ser considerado uma AQ, um conceito conhecido como *General Purpose Criterion*.

Ainda assim, a CPAQ prevê a existência de três listas que incluem os compostos sujeitos a medidas de verificação no âmbito da Convenção (Tabela 3).

Tabela 3 – Listas da CPAQ.^a

Lista 1	Compostos químicos que foram desenvolvidos, produzidos e armazenados para serem utilizados como AQ. Estes compostos não têm utilização comercial/industrial e vários deles já foram utilizados como AQ (por ex., sarin). Incluem-se também precursores da síntese dos compostos anteriores.
Lista 2	Compostos químicos que, devido à sua elevada toxicidade, poderão ser utilizados como AQ (por ex., Amiton). Estes compostos, embora possam ter utilidade para fins não proibidos pela CPAQ, não são produzidos em quantidades significativas. Incluem-se também precursores da síntese dos compostos anteriores e precursores para a síntese de compostos da Lista 1.
Lista 3	Compostos químicos que, devido à sua toxicidade e quantidades produzidas, já foram ou poderão ser utilizados como AQ (por ex., fosgênio). Muitos destes compostos tem utilidade para fins não proibidos pela Convenção e são produzidos em grande quantidade. Incluem-se também precursores da síntese dos compostos da Lista 1 e da Lista 2.

^a Adaptado da referência [4].

Tendo em conta o conteúdo da Convenção, o trabalho desenvolvido para alcançar os seus objetivos baseia-se em quatro pilares:

Desarmamento

- Eliminação dos arsenais químicos declarados e dos locais de produção de AQ (Figura 3). A 31 de janeiro de 2022, 99% das AQ declaradas foram já destruídas.
- Controlo das atividades e o seu progresso através de inspeções aos locais de armazenamento e destruição de AQ.

Não proliferação

- Prevenir a reemergência de AQ.
- Controlar a existência e utilização das quantidades anualmente declaradas dos compostos integrados nas Listas 2 e 3, através de inspeções às indústrias que os possuam.
- Controlar as transferências entre EP dos produtos listados na Convenção.

Assistência e proteção

- Garantir assistência a um EP vítima de um ataque com AQ, conseguido através da existência de acordos que preveem a disponibilização por parte dos EP de contribuições financeiras, de recursos humanos e materiais ou ainda de oferta formativa.
- Apoiar os EP no desenvolvimento dos seus programas de proteção face à ameaça química.
- Garantir a prontidão da assistência pelo desenvolvimento e manutenção da capacidade de resposta, conseguido através da organização de atividades de formação e da aplicação e teste em exercícios.

Cooperação internacional

- Promover a utilização da Química para fins pacíficos.
- Desenvolver e estimular os programas e projetos que promovam a partilha de informação, equipamentos e reagentes.
- Apoiar o desenvolvimento das capacidades la-

boratoriais dos EP, através de aconselhamento, formação e apoio técnico, por forma a expandir a rede de laboratórios designados, *i.e.*, laboratórios capacitados para receber e analisar amostras para identificação de AgQG.

Figura 3 – Operador a manipular um projétil contendo VX para dar início ao seu processo de destruição. Crédito: PEO ACWA.



Organização para a Proibição das Armas Químicas

A Organização para a Proibição das Armas Químicas (OPAQ), conhecida internacionalmente como OPCW (do inglês *Organization for the Prohibition of Chemical Weapons*), é a entidade responsável pela implementação da CPAQ e está sediada em Haia, Países Baixos (Figura 4).



Figura 4 – Sede da OPAQ. Crédito: OPCW.

Os órgãos da OPAQ são:

Conferência dos Estados Partes – órgão principal da organização, composto por representantes de todos os EP da Convenção. Reúne-se anualmente em sessões ordinárias para garantir o cumprimento da CPAQ e tomar medidas necessárias à sua implementação. Caso necessário pode também reunir em sessões extraordinárias.

Conselho Executivo – órgão com poderes executivos que promove a implementação da CPAQ. É constituído por representantes de 41 países, tendo em conta a distribuição geográfica equitativa, a importância da sua indústria química e os interesses políticos e de segurança. Estes países são eleitos pela Conferência dos Estados Partes num regime de rotação a dois anos.

Secretariado Técnico – órgão de apoio técnico e administrativo dos outros órgãos que garante a implementação das medidas adotadas e também a comunicação com os EP. É liderado pelo Diretor Geral da OPAQ e integra funcionários de diversas nacionalidades, distribuídos por sete divisões (por ex., Verificação, Inspeção, Cooperação Internacional e Assistência) e quatro gabinetes (por ex., Confidencialidade e Segurança, Estratégia e Política).

Além destes, a OPAQ integra quatro órgãos subsidiários cujo objetivo é apoiar os órgãos principais em domínios específicos, como por exemplo o Conselho Científico (*Scientific Advisory Board*) que informa periodicamente o Diretor Geral dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos que possam ter impacto na implementação e concretização dos objetivos da Convenção.



Figura 5 - Carta a anunciar a atribuição do Prémio Nobel da Paz de 2013 à OPAQ. Crédito: OPCW.

Tabela 4 - A OPAQ e a Convenção em números [1].^a

Adesão à Convenção	Estados Partes: 193 Estados signatários: 1 (Israel) Estados não-signatários: 3 (Coreia do Norte, Egito e Sudão do Sul)
Progresso da destruição	
Destruição de AQ/AgQG	99% 71 614 das 72 304 toneladas declaradas
Instalações de produção de AQ	Instalações de produção de AQ Inspeções: 522 74 destruídas e 23 reconvertidas para fins pacíficos 5 mantêm-se inspecionáveis em 3 Estados Partes
Instalações de destruição de AQ	Inspeções: 1988 2 existentes em 1 Estado Parte
Instalações de armazenamento de AQ	Inspeções: 521 2 existentes em 1 Estado Parte
Verificação industrial	
Instalações sujeitas a inspeção	4916
Instalações no âmbito da Lista 1	Inspeções: 337 28 instalações inspecionáveis em 24 Estados Partes
Instalações no âmbito da Lista 2	Inspeções: 950 202 instalações inspecionáveis em 25 Estados Partes
Instalações no âmbito da Lista 3	Inspeções: 518 324 instalações inspecionáveis em 32 Estados Partes
Outras instalações sujeitas a inspeção	Inspeções: 2409 4362 instalações inspecionáveis em 79 Estados Partes
Capacidade de verificação laboratorial	
Amostras ambientais	24 laboratórios designados em 21 Estados Partes
Amostras biomédicas	20 laboratórios designados em 14 Estados Partes

^a Dados relativos a 31 de janeiro de 2022, disponibilizados na página web da OPAQ.

A OPAQ foi galardoada em 2013 com o Prémio Nobel da Paz, pelos seus “extensos esforços para eliminar as armas químicas” (Figura 5).

A ligação entre o Estado Português e a OPAQ é feita através da Autoridade Nacional para a Proibição das Armas Químicas (ANPAQ), um órgão do Estado Português, de composição interministerial, que se encontra enquadrado funcionalmente no Ministério dos Negócios Estrangeiros. A ANPAQ coordena as atividades relacionadas com a Convenção, por ex., organizar e acompanhar inspeções em complexos industriais em território português ou submeter as declarações nacionais relativas aos compostos das Listas da CPAQ, cooperando para isso com as organizações/entidades públicas e privadas necessárias. É também um interlocutor para as suas congéneres noutros EP.

Eventos recentes

Apesar da extensa implementação da CPAQ e dos esforços da OPAQ em verificar a eliminação dos arsenais químicos declarados pelos EP da Convenção, nas últimas duas décadas observaram-se vários incidentes com AQ em vários locais do planeta.

Síria, 2012-2019

Na sequência do início da Guerra Civil na Síria (2011), a 23 de dezembro de 2012, cinco meses após o estado sírio ter confirmado possuir AQ, ocorre a alegação sobre o primeiro ataque com uso de AQ em Homs [14]. Depois de vários incidentes com indicação do uso de AQ, em particular os ataques nos subúrbios de Ghouta, Damasco, em 21 de agosto, a pressão internacional e os esforços diplomáticos levaram à adesão da Síria à CPAQ em outubro de 2013.

Como resultado de um esforço conjunto das Nações Unidas, com a contribuição financeira e/ou técnica de vários EP e liderado pela OPAQ, as armas químicas, matérias-primas e produtos intermediários oficialmente declarados pela República Árabe Síria, foram retirados do país para disposição final em incineradores comerciais ou na unidade construída especialmente para a destruição de agentes vesicantes a bordo do navio *Cape Ray*. Em agosto de 2014 concluiu-se a

destruição do arsenal químico declarado pela Síria.

Contudo, alegados ataques com AQ continuaram a ocorrer em solo sírio até ao início de 2019 [14], tendo a OPAQ enviado várias missões de investigação (FFM – *Fact Finding Mission*) para estabelecer os factos relativos às alegações existentes. Os relatórios da FFM foram apresentados pelo Diretor-Geral da OPAQ ao Conselho de Segurança das Nações Unidas, em conformidade com os termos da CPAQ e da Resolução 2118 deste Conselho [15].

Em agosto de 2015, o Conselho de Segurança adota a Resolução 2235 [16], criando o Mecanismo de Investigação Conjunto das Nações Unidas e OPAQ (JIM – *Joint Investigative Mechanism*) para identificar os responsáveis, diretos e indiretos, das ocorrências nas quais as missões de investigação da OPAQ concluíram que foram utilizadas AQ. Os relatórios emitidos pelo JIM apontaram a responsabilidade em alguns incidentes reportados pela FFM. O Mecanismo foi posteriormente encerrado em novembro de 2017 com o veto de um dos membros permanentes deste Conselho.

Em 2019, a OPAQ criou a Equipa de Investigação e Identificação (IIT – *Investigation and Identification Team*) [17] cujo objetivo é identificar os responsáveis pelos ataques com AQ na Síria descritos pela FFM, com exceção dos incidentes já investigados pelo JIM. Nos dois relatórios já disponíveis, a IIT concluiu que a Força Aérea Síria foi responsável por ataques em Ltamenah (março de 2017) [18] e Saraqib (fevereiro de 2018) [19].

Malásia, 2017

A 13 de fevereiro de 2017, Kim Jong-Nam, meio-irmão do líder norte coreano Kim Jong-Un, preparava-se para embarcar num voo no aeroporto internacional de Kuala Lumpur quando foi abordado por duas jovens que, de acordo com as suas alegações, pensavam estar a pregar-lhe uma partida. Na verdade, ao esfregarem sequencialmente as mãos na face do norte-coreano, as duas jovens depositaram dois precursores do agente neurotóxico VX no rosto de Kim Jong-Nam. Passados poucos minutos, Kim pede ajuda médica enquanto esfrega os olhos e, com tonturas, cambaleia até um posto médico do aeroporto. Passados vinte minutos da “partida”, o norte-coreano, morre a caminho do hospital. A autópsia indica que a causa de morte foi exposição a VX e análises às amostras colhidas nas duas jovens detetam compostos químicos diferentes, o que sugere que foi utilizado um sistema binário para a produção do composto neurotóxico [20].

Salisbury e Amesbury, 2018

Quando, em 4 de março de 2018, o ex-espião russo Sergei Skripal e a sua filha Yulia foram encontrados inconscientes num banco de jardim em Salisbury, Reino Unido, dificilmente alguém conseguiria imaginar

o que se tinha passado. Pai e filha, e também o polícia que os assistiu, Nick Bailey, tinham sido expostos a um agente neurotóxico de “grau militar de um tipo produzido pela Rússia”, segundo a Primeira Ministra, à data, Theresa May [21-23]. Esta afirmação emerge dos resultados laboratoriais obtidos pelos especialistas do *Defence Science and Technology Laboratory* (DSTL), posteriormente confirmados pela OPAQ [24], segundo os quais o neurotóxico utilizado na tentativa de assassinato dos russos era um agente da Série A, alegadamente o composto A-234 [25-27], de acordo com a estrutura proposta por Mirzayanov [6] (Figura 6).

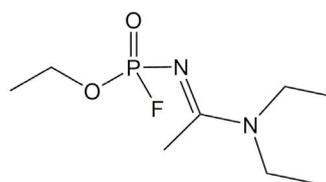


Figura 6 - Estrutura descrita por Vil Mirzayanov do agente A-234 [6].

Quatro meses depois, em Amesbury, uma cidade a 13 km de Salisbury, ocorre um novo incidente associado com a exposição a neurotóxicos. Um casal de britânicos, Dawn Sturgess e Charles Rowley, foi hospitalizado depois de manusearem um frasco de perfume que encontraram num jardim de Salisbury [27,28]. A análise das amostras colhidas, efetuada uma vez mais no DSTL, permitiu concluir que o analito identificado correspondia à substância utilizada no envenenamento dos Skripal. O Reino Unido voltou a pedir à OPAQ que analisasse as amostras nos seus laboratórios designados, tendo o resultado obtido confirmado as conclusões dos especialistas britânicos [29]. Este episódio teve um desfecho pior, uma vez que Dawn Sturgess faleceu depois de nove dias de internamento hospitalar [30].

Na sequência destes incidentes, a Lista 1 da CPAQ foi, pela primeira vez na história, atualizada [31,32], tendo, como resultado das duas propostas submetidas [33], quatro novas entradas sido adicionadas à listagem de Químicos Tóxicos.

Rússia, 2020

Alexei Navalny, opositor político do atual regime russo, sentiu-se indisposto a bordo do avião que o levava para Moscovo a 20 de agosto de 2020. Depois da aterragem forçada na cidade siberiana de Omsk, foi internado num hospital local e admitido no departamento de intoxicações agudas [34]. A equipa médica russa indicou não ter detetado nenhuma substância tóxica nas análises realizadas. A 22 de

agosto, o político e opositor russo foi transportado para um hospital em Berlim, onde, ao fim de dois dias, os médicos alemães declararam ter obtido resultados positivos nos exames toxicológicos [34]. Já no início de setembro, o governo alemão declarou que Navalny tinha sido intoxicado com um agente neurotóxico “do tipo Novichok” [34]. Os resultados obtidos pelos laboratórios militares alemães [35,36] viriam a ser mais tarde confirmados por laboratórios suecos e franceses [37], bem como por dois laboratórios designados (não identificados) pela OPAQ [38].

Desafios para assegurar um futuro sem Armas Químicas

Os recentes eventos com agentes da série A vieram, por um lado, demonstrar a robustez da CPAQ enquanto tratado internacional, mas, por outro, tornaram evidentes os desafios colocados à Convenção pelo surgimento e utilização de novos AgQG e/ou AQ. A par do desenvolvimento técnico-científico necessário para a análise e identificação de novos compostos, tais acontecimentos acarretam também vários desafios a nível político e diplomático, quer seja na necessidade de garantir a responsabilização e gestão dos eventuais incidentes, como na concretização do enquadramento de tais substâncias na Convenção.

Naturalmente, a OPAQ está atenta a outros desenvolvimentos tecnológicos e científicos cujos resultados possam interferir na concretização dos objetivos da Convenção. No relatório do *Scientific Advisory Board* para a última Conferência de Revisão da CPAQ [33], datado de 2018, destacam-se, entre outras, recomendações relativas a:

- Evoluções técnico-científicas, em particular as que resultam da convergência entre os domínios da biologia e da química, como por exemplo a possibilidade de biossíntese de compostos químicos ou, por outro lado, a utilização de enzimas em processos de descontaminação de AgQG. Nos domínios da tecnologia são feitas considerações

acerca de sistemas aéreos não tripulados, sensores, inteligência artificial ou química computacional, a par de outros.

- Capacidade de verificação no âmbito da CPAQ, quer seja a nível laboratorial, como, por exemplo, o alargamento da rede de laboratórios acreditados da OPAQ ou o desenvolvimento de metodologias analíticas para detetar outros compostos (por ex., toxinas); forense, através de aplicação de procedimentos deste domínio nas inspeções realizadas; ou operacional, tendo especial importância a cooperação e diálogo com a indústria.
- Promoção da segurança química, seja no contexto industrial, na monitorização das transferências (internas/importação/exportação) ou na aquisição de substâncias tóxicas por atores não-estatais.

No sentido de reforçar a capacidade técnica da OPAQ, está atualmente em fase de construção o Centro de Química e Tecnologia (tradução do autor de *Centre for Chemistry and Technology - ChemTech Centre*) [39]. Este projeto prevê infraestruturas que permitirão o alargamento do laboratório da OPAQ e a expansão do armazém de equipamento, bem como a construção de espaços dedicados à formação. O *ChemTech Centre*, fruto do esforço conjunto dos EP e da OPAQ, será um importante contributo para assegurar o cumprimento dos objetivos da Convenção, em particular nos domínios da formação e apoio face a metodologias de análise química, treino e capacitação de técnicos para uso pacífico da Química, bem como assistência no processo de investigação em incidentes envolvendo produtos químicos.

Nota

¹As *armas químicas binárias*, ou também *munições químicas binárias*, são constituídas, entre outros, por dois precursores químicos relativamente não tóxicos que durante o voo da munição se misturam e produzem o agente químico de guerra tóxico.

Referências

- [1] *Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons*, “OPCW by the Numbers”: [opcw.org/media-centre/opcw-numbers](https://www.opcw.org/media-centre/opcw-numbers) (acedido em 12/01/2022).
- [2] C. B. Rodrigues, *Química* **2014**, 38, 33-41. DOI: 10.52590/M3.P667.A30001928.
- [3] M. A. Furtado, V. Tira-Picos, *Química* **2014**, 38, 25-32. DOI: 10.52590/M3.P667.A30001927.
- [4] L. M. Carvalho, *Rev. Ciênc. Mil.* **2021**, IX (2), 13-38.
- [5] W. van D. Kloot, *Notes Rec. R. Soc. Lond.* **2004**, 58, 149-160. DOI: 10.1098/rsnr.2004.0053.
- [6] T. C. C. Franca, D. A. S. Kitagawa, S. F. de A. Cavalcante, J. A. V. da Silva, E. Nepovimova, K. Kuca, *Int. J. Mol. Sci.* **2019**, 20, 1222. DOI: 10.3390/ijms20051222.
- [7] J. B. Tucker, “War of Nerves: Chemical Warfare from World War I to Al-Qaeda”, Pantheon Books, New York, **2006**.

- [8] G. J. Fitzgerald, *Am. J. Public Health* **2008**, *98*, 611-625. DOI: 10.2105/AJPH.2007.11930.
- [9] G. R. Silva, I. Borges Jr., J. D. Figueroa-Villar, A. T. de Castro, *Quím. Nova* **2012**, *35*, 2083-2091. DOI: 10.1590/S0100-40422012001000033.
- [10] J. Guillemin, *The 1925 Geneva Protocol: China's CBW Charges Against Japan at the Tokyo War Crimes Tribunal*, in B. Friedrich, D. Hoffmann, J. Renn, F. Schmaltz, M. Wolf (Eds.), "One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences", Springer International Publishing, Cham, **2017**, 273-286.
- [11] M. Kloske, Z. Witkiewicz, *Chemosphere* **2019**, *221*, 672-682. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.01.054.
- [12] F. O. Torres, C. Colasso, *Rev. Bras. Estud. Def.* **2018**, *5*, 37-59. DOI: 10.26792/rbed.v5n2.2018.75094.
- [13] Autoridade Nacional para a Proibição das Armas Químicas, "Convenção sobre a Proibição do Desenvolvimento, Produção, Armazenagem e Utilização de Armas Químicas e sobre a sua Destruição". anpaq.mne.gov.pt/imagens/CWC_versao_portuguesa.pdf (acedido em 29/12/2021).
- [14] T. Schneider, T. Lütkefend, "Nowhere to Hide: The Logic of Chemical Weapons Use in Syria", GPPI, **2019**.
- [15] United Nations Security Council, "Security Council Resolution 2118 (2013) [in Use of Chemical Weapons in the Syrian Arab Republic]", S/RES/2118, **2013**. Disponível em press.un.org/en/2013/sc11135.doc.htm (acedido em 06/01/2022).
- [16] United Nations Security Council, "Security Council Resolution 2235 (2015) [in Establishment of an OPCW-UN Joint Investigative Mechanism to Identify the Use of Chemical Weapons in the Syrian Arab Republic]", S/RES/2235, **2015**. Disponível em press.un.org/en/2015/sc12001.doc.htm (acedido em 06/01/2022).
- [17] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Decision: Addressing the Threat From Chemical Weapons Use", **2018**. Disponível em opcw.org/media-centre/featured-topics/decision-addressing-threat-chemical-weapons-use (acedido em 06/01/2022).
- [18] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Note by the Technical Secretariat: First Report by the OPCW Investigation and Identification Team (IIT) Pursuant to Paragraph 10 of Decision C-SS-4/Dec.3 "Addressing the Threat From Chemical Weapons Use" Ltamenah (Syrian Arab Republic) 24, 25, and 30 March 2017", **2020**. Disponível em opcw.org/sites/default/files/documents/2020/04/s-1867-2020%28e%29.pdf (acedido em 06/01/2022).
- [19] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Note by the Technical Secretariat: Second Report by the OPCW Investigation and Identification Team Pursuant to Paragraph 10 of Decision C-SS-4/DEC.3 "Addressing the Threat from Chemical Weapons Use" Saraqib (Syrian Arab Republic) - 4 February 2018", **2021**. Disponível em opcw.org/sites/default/files/documents/2021/04/s-1943-2021%28e%29.pdf (acedido em 06/01/2022).
- [20] T. Nakagawa, A. T. Tu, *Forensic Toxicol.* **2018**, *36*, 542-544. DOI: 10.1007/s11419-018-0426-9.
- [21] J. Patočka, *MMSL* **2018**, *87*, 92-94. DOI: 10.31482/mmsl.2018.012.
- [22] M. Pelpow, *Chem. Eng. News* **2018**, *96*, 3. cen.acs.org/articles/96/12/Nerve-agent-attack-on-spy-used-Novichok-poison.html.
- [23] J. A. Vale, T. C. Marrs, R. L. Maynard, *Clin. Toxicol.* **2018**, *56*, 1093-1097. DOI: 10.1080/15563650.2018.1469759.
- [24] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Note by the Technical Secretariat: Summary of the Report on Activities Carried Out in Support of a Request for Technical Assistance by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (Technical Assistance Visit TAV/02/18)", **2018**.
- [25] H. Bhakhoa, L. Rhyman, P. Ramasami, *R. Soc. Open Sci.* **2019**, *6*, 181831. DOI: 10.1098/rsos.181831.
- [26] S. P. Harvey, L. R. McMahon, F. J. Berg, *Heliyon* **2020**, *6*, E03153. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e03153.
- [27] S. Costanzi, G. D. Koblenz, *Nonproliferation Rev.* **2019**, *26*, 599-612. DOI: 10.1080/10736700.2019.1662618.
- [28] R. Pita, A. Anadón, A. Romero, K. Kuca, *Chemical weapons of mass destruction and terrorism: a threat analysis*, in R. C. Gupta (Ed.), "Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents", Academic Press, Boston, **2020**, 79-94.
- [29] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Note by the Technical Secretariat: Summary of the Report on Activities Carried Out in Support of a Request for Technical Assistance by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (Technical Assistance Visit TAV/03/18 and TAV/03B/18, "Amesbury Incident")", **2018**.
- [30] S. Costanzi, G. D. Koblenz, "Updating the CWC: How We Got Here and What Is Next [Arms Control Today]": armscontrol.org/act/2020-04/features/updates-cwc-we-got-here-what-next (acedido em 05/01/2022).
- [31] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Decision: Changes to Schedule 1 of the Annex on Chemicals to the Chemical Weapons Convention", **2019**. Disponível em opcw.org/changes-annex-chemicals (acedido em 06/01/2022).
- [32] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Decision: Technical Change to Schedule 1(A) of the Annex on Chemicals to the Chemical Weapons Convention", **2019**. Disponível em opcw.org/sites/default/files/documents/2019/11/c24dec04%28e%29.pdf (acedido em 06/01/2022).
- [33] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Report of the Scientific Advisory Board on Developments in Science and Technology for the Fourth Special Session of the Conference of the States Parties to Review the Operation of the Chemical Weapons Convention", **2018**. Disponível em opcw.org/sites/default/files/documents/CSP/RC-4/en/rc4dg01_e_.pdf (acedido em 06/01/2022).
- [34] A. Pushkarskaya, E. Berdnikova, T. Sazonov, A. Soshnikov, K. Churmanova, "Alexei Navalny: Two hours that saved Russian opposition leader's life": bbc.com/news/world-europe-54012278 (acedido em 06/01/2022).
- [35] P. B. Reis, "Alexei Navalny foi envenenado com Novichok, garante Alemanha": publico.pt/2020/09/02/mundo/noticia/governo-alemao-alexei-navalny-envenenado-novichok-1930097 (acedido em 06/01/2022).
- [36] R. Stone, "How German military scientists likely identified the nerve agent used to attack Alexei Navalny". sciencemag.org/news/2020/09/how-german-military-scientists-likely-identified-nerve-agent-used-attack-alexei-navalny (acedido em 06/01/2022).
- [37] Reuters, "Germany says French, Swedish labs confirm Navalny's Novichok poisoning". reuters.com/article/russia-politics-navalny-germany-idINL8N2GB1L5 (acedido em 06/01/2022).
- [38] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Note by the Technical Secretariat: Summary of the Report on Activities Carried Out in Support of a Request for Technical Assistance by Germany (Technical Assistance Visit - TAV/01/20)", **2020**. Disponível em opcw.org/documents/2020/10/s19062020/note-technical-secretariat-summary-report-activities-carried-out (acedido em 06/01/2022).
- [39] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Centre for Chemistry and Technology Project". opcw.org/media-centre/featured-topics/chemtech-centre (acedido em 17/01/2022).

>

Luís Miguel Carvalho

Unidade Militar Laboratorial de Defesa Biológica e Química, Exército Português.

Licenciado em Química com *minor* em Bioquímica pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e Mestre em Toxicologia Analítica, Clínica e Forense pela Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto. Atualmente é Investigador Auxiliar na Unidade Militar Laboratorial de Defesa Biológica e Qui-

mica do Exército Português. Desenvolve o seu trabalho no Laboratório de Defesa Química, o qual se centra no domínio das Armas Químicas. Integra o destacamento operacional do mesmo laboratório, sendo responsável pela colheita de amostras (*dirty man*) em ambientes contaminados e líder de equipa. carvalho.lmf@gmail.com
ORCID.org/0000-0001-7479-8914

2020 – Ano em que a Pandemia Impôs a Necessidade de Ensinar à Distância: A SPQ ao Serviço da Formação em Química

> M. Fernanda N. N. Carvalho

2020 – The Year that Enforced Online Teaching Due to the Pandemic: SPQ Commitment with Teacher's Update Formation in Chemistry.

A direct relationship exists between the evolution of knowledge and the evolution of industry and technology within a process where the causes and the effects of evolution are sometimes difficult to distinguish. Until recently, knowledge communication (teaching) was essentially based on oral transmission and strengthened by reading books, while learning was based on memory keeping supported by written documents. With the advent of digital communication, such teaching/learning strategies started to change. Search for information in books, at libraries, became less attractive and began to be replaced by "clicking" on the computer keyboard. Consequently, keeping the interest and attention of students in classes, and using just voice without images, started to be a hard task. Thus, in addition to the continuous scientific and pedagogical formation, the initiation to the use of digital information in teaching turned out to be necessary. In 2020, the COVID-19 pandemic rushed that necessity. Aware of the need for updated scientific formation and communication strategies, the Portuguese Chemical Society created the Formation Center (2018), which is qualified for the certification of the formation of secondary school teachers in horizontal areas of chemistry.

Sempre que o conhecimento evolui, a indústria e a tecnologia evoluem, numa relação biunívoca, em que causa e efeito se sucedem em alternância e por vezes se tornam difíceis de identificar. A difusão do saber (ensino) baseava-se, até há poucos anos, quase exclusivamente na transmissão oral de conceitos, aprofundados através da consulta de livros. Já a aprendizagem recorria essencialmente à memória sustentada por documentos escritos. Com o advento da comunicação digital, as formas de transmissão de saber tradicionais começam a perder relevância. A procura de informação nos livros, e a ida às bibliotecas vão sendo substituídas pelo clique no teclado. Manter o interesse e a atenção dos alunos no saber, transmitido pela voz sem imagens, tornou-se uma tarefa árdua, aumentando significativamente a exigência na formação científico-tecnológica de quem ensina. Este processo, que paulatinamente se ia instalando até 2019, veio a ser fortemente acelerado pela pandemia da COVID-19, em 2020. Ao criar o Centro de Formação para professores do ensino secundário (2018), a SPQ deu expressão à sua missão de promover o ensino da Química em Portugal, qualificando-se como entidade acreditada para a formação de professores em áreas transversais da Química.

Paradigma ensino-aprendizagem em tempo de pandemia

A proliferação descontrolada do vírus SARS-CoV-2 originou uma pandemia que tem afetado o mun-

do inteiro. Como consequência, e para limitar o contágio, em 2020, durante um longo período de tempo, foram suspensas as aulas e muitas outras atividades presenciais. Apenas hospitais e sistemas

de saúde trabalharam em pleno.

Com as escolas fechadas, rapidamente se percebeu que teriam de se usar alternativas para manter o contacto entre docentes e discentes. O paradigma ensino-aprendizagem teria que ser ajustado. E foi isso que se fez, tendo em vista continuar a transmitir o saber. Em muitas outras circunstâncias tem havido ajustes na forma de veicular o conhecimento e é sobre essa evolução que nos iremos deter, tentando estabelecer um paralelo entre as revoluções industriais e as revoluções no ensino.

Ensinar é transmitir o conhecimento de que cada um necessita, mas sobretudo estimular para querer aprender e ir mais além nesse conhecimento.

Mark K. Smith, editor de um espaço de educação e pedagogia (infed.org), acedido anualmente por mais de dois milhões de pessoas, define ensinar como *“um processo em que, tendo em conta as necessidades, a experiência e os sentimentos das pessoas, se intervém por forma a que elas possam aprender algo e ir para além daquilo que lhes foi transmitido”* [1].

Estimular a curiosidade de uma criança ou jovem a ir para além daquilo que lhe é transmitido é, verdadeiramente, o papel do professor. Esse papel é particularmente difícil nesta era, porque o conhecimento deixou de ser veiculado quase exclusivamente de forma oral, para passar a ter uma componente visual muito importante. Trata-se de uma grande mudança! E muitos de nós, professores deste século, fomos apanhados, sem aviso nem preparação prévia!

A formação ao longo da vida permitiu aos professores dos ensinos secundário e básico refrescar a sua preparação pedagógica, e em alguns casos, também a sua atualização científica. Não foi tanto assim com os professores universitários que, diga-se em abono da verdade, na sua maioria, para além do bom senso e capacidade de empatia com os alunos, não têm qualquer preparação pedagógica. Já a preparação científica é indiscutível e atualizada. Contudo, nem uns, nem outros, estávamos preparados para repentinamente, de uma semana para a outra, ter que mudar o regime de ensino de “presencial” para “à distância”.

Na verdade, fomos todos apanhados pelo vírus SARS-CoV-2, que nos projetou de forma abrupta para a 4.^a revolução industrial e do ensino.

A este propósito, gostaria de estabelecer um paralelo, entre as mudanças no paradigma ensino-aprendizagem, com base em alguns marcos temporais e aspetos relevantes, relacionando-os com as quatro revoluções industriais. Trata-se de um texto de opinião pessoal livre, sem pretensões de documento histórico, embora se refiram algumas datas e factos históricos.

1.^a Revolução industrial (1700-1830)

A 1.^a revolução industrial começou no século XVIII, quando o trabalho quase exclusivamente baseado na força do homem e dos animais passou a ser apoiado por máquinas simples, na sequência da criação por James Watt de um dispositivo capaz de produzir trabalho mecânico (1777). A invenção do motor a vapor por Thomas Newcomen (1712), a partir de um modelo rudimentar criado por Thomas Savery (1698), foi melhorada por J. Watt, o que permitiu criar a primeira locomotiva a vapor (Richard Trevithick, 1804). Tal feito veio possibilitar o desenvolvimento de muitas atividades, até então impensáveis, e não menos importante, pôs em movimento, de forma rápida e cómoda, pessoas e bens.

Para este desenvolvimento do conhecimento, contribuiu sem dúvida a revolução no ensino que tivera início nos séculos XI-XII, embora a transmissão do conhecimento por via oral e simbólica remonte às origens da humanidade.

A transmissão do conhecimento e do pensamento, de forma organizada, pode encontrar-se já nas academias do período Helénico (séculos IV-III a.C.), em que se destacaram pensadores e mestres como Sócrates, Platão e Aristóteles. Nessa altura, reconhecendo a necessidade de preservar o saber para poder evoluir, foi criada a biblioteca de Alexandria (século III a.C.) que funcionou como repositório para documentos que serviram de base à difusão do conhecimento. Durante o império romano, as academias foram descontinuadas, embora só tenham sido extintas no século VI d.C.

1.^a Revolução no ensino (séculos XI-XIII)

No século XI teve início uma 1.^a revolução no ensino conduzida pelos monges, que no intuito de divulgar a fé cristã se dedicavam ao ensino da leitura e da escrita. Este tipo de ensino veio a designar-se por “escolástico”, já que era transmitido na “escola”, em geral situada nos mosteiros. À partida, os seus destinatários eram os populares, mas estes, frequentemente, tornavam-se membros do clero. As áreas de aprendizagem incluíam a filosofia e as ciências, sendo estas abordadas numa perspetiva global. A implementação desta metodologia confrontava-se com dificuldades resultantes dos escassos recursos materiais (papel), e do método de reprodução (cópia manual) dos documentos de leitura, essencialmente textos clássicos. A transmissão oral adquiria, pois, um papel preponderante nesta forma de ensinar. A aprendizagem baseava-se essencialmente na memorização, apropriação e organização mental do saber já existente. Todavia, no ensino escolástico pode reconhecer-se o objetivo de promover o

conhecimento de que cada um necessita para o desempenho de uma tarefa específica.

A criação da primeira universidade na Europa (Universidade de Bolonha, 1088) foi um passo muito importante que consolidou a 1.ª revolução no ensino. Em Portugal, a primeira universidade foi criada por D. Dinis (*Scientiae thesaurus mirabilis*) em 1290. Nos séculos XI-XII as universidades proliferaram [2] e vieram a ser o local próprio, não apenas para aprender, mas também para criar novo conhecimento.

2.ª Revolução industrial (1850-1940)

A 2.ª revolução industrial foi propulsionada pela circunstância de estarem disponíveis e acessíveis a eletricidade, o aço e o petróleo.

A invenção de um gerador suficientemente potente (Zénobe Gramme, 1871) permitiu a construção da primeira central elétrica em Inglaterra (William Lord Armstrong, 1878) e, alguns anos mais tarde, em Portugal (1891).

O processo de produção de aço inventado por Bessemer (1857) tornou acessível um produto mais resistente que o ferro e com muitas mais aplicações, mas que até aí era pouco usado, por ser escasso. Em paralelo, a criação da primeira refinaria (Young, Meldrum, Binney, 1851) tornava acessível um combustível com as mais diversas aplicações.

Estavam criadas as condições para uma nova era, a era da industrialização.

O aperfeiçoamento do motor rotativo (Felix Wankel, 1924), foi mais um passo para o aparecimento de novos processos e indústrias. Os novos equipamentos abriram perspectivas às indústrias em geral, e em particular à indústria química, o que permitiu criar novos produtos e produzir muitos outros em grandes quantidades.

A agricultura beneficiou de novos fertilizantes e pesticidas. Os alimentos e os medicamentos ficaram mais disponíveis e acessíveis, o próprio saneamento melhorou e, consequentemente, a população e a longevidade aumentaram.

Iniciou-se a reorganização do trabalho. A agricultura, setor primário e quase único de produção, viu nascer um segundo setor de atividade com recurso às máquinas.

A industrialização tornou possível a produção em grande escala de alimentos e vestuário, entre outros, os quais se tornaram acessíveis e amplamente disponíveis, criando novas necessidades.

Dera-se início a um sistema de procura contínua de mais e melhores produtos, isto é, maior produção → maior acesso a produtos e bens → melhor qualidade de vida → mais população → necessidade de mais e melhores produtos → maior produção (Figura 1).



Figura 1 - Ciclo de evolução da oferta/procura.

O automóvel é um bom exemplo do paradigma disponibilidade/procura. Criado o automóvel, criou-se a procura, aumentou a produção, diminuiu o preço, aumentou a procura, etc.

2.ª Revolução no ensino (1800-1940)

A 2.ª revolução no ensino iniciou-se uns anos antes da 2.ª revolução industrial, suportando o princípio, de que só há progresso técnico-industrial se houver evolução no conhecimento.

Ao defender que só o conhecimento científico é verdadeiro, porque é o único que consegue explicar racionalmente os fenómenos, August Comte (1798-1857) veio evidenciar a importância da experimentação e verificação analítica para o conhecimento e explicação dos factos. Estava criado o *positivismo*.

O *positivismo* veio promover a individualização das ciências (física, química, astronomia, etc.) e a criação de novas ciências, como por exemplo a psicanálise, que passou a ser considerada uma ciência, já que os seus resultados podem ser racionalmente verificáveis [3].

Esta revolução de conceitos esteve na base de consideráveis alterações nas práticas pedagógicas que concorreram para a transição de um ensino retórico baseado numa filosofia humanista, para um ensino de cariz científico, ministrado pelos detentores do saber verificável. Significou isto que o ensino passou a ter um carácter menos elitista, embora ainda não acessível a todos.

3.ª Revolução industrial (1950-1990)

A segunda guerra mundial foi uma catástrofe com graves consequências sociais e humanas, mas no que respeita ao avanço da ciência e tecnologia acabou por ter uma contribuição positiva. Diretamente relacionadas com as necessidades da guerra, as indústrias, metalúrgica, siderúrgica, automóvel, etc., conheceram um considerável desenvolvimento. No pós-guerra, a par da evolução do conhecimento científico nas áreas da química, física e biologia, deu-se o desenvolvimento tecnológico nas áreas das telecomunicações, informática e genética, para citar apenas algumas. Foram criadas empresas de alta tecnologia. A força do trabalho

transitou do setor secundário para o setor de serviços (terciário). A automação e a robótica passaram a ter um papel fundamental em variados setores industriais. A tese de Alain Turing (1936), usada para decifrar códigos na 2.ª Guerra Mundial (1940), acabou por ser fundamental na criação do primeiro computador. Mais tarde, foi o advento dos computadores pessoais (finais dos anos setenta do século passado), o que associado ao aparecimento da *internet*, foi responsável pela radical alteração do estilo de vida no mundo industrializado. O avanço científico e tecnológico tinha catapultado o tipo e a variedade de recursos disponíveis, promovido novas necessidades e contribuído para a considerável melhoria da saúde e bem-estar das populações. E tudo isto aconteceu durante o tempo de vida de muitos de nós!

3.ª Revolução do ensino (1940-1980)

A 3.ª revolução do ensino aconteceu a par da enorme revolução científico-tecnológica do pós-segunda guerra mundial. O ensino básico ficou disponível para todos e tornou-se mesmo obrigatório. Em Portugal, isso aconteceu a partir de 1960. A construção de escolas públicas gratuitas permitiu que a literacia e o nível básico de conhecimento aumentassem consideravelmente. O sistema de ensino manteve-se magistral, essencialmente baseado na transmissão oral do conhecimento, suportada pela ampla disponibilidade de manuais e livros (bibliotecas) destinados à simples leitura ou ao aprofundamento dos conhecimentos. A aprendizagem, no essencial, manteve-se baseada na memorização de conhecimentos específicos. Contudo, as bases de dados digitais e os recursos informáticos destinados a escrita e cálculo foram ganhando espaço. O ensino-aprendizagem das ciências (química, física, biologia) e da matemática foi desenvolvido e incentivado nas escolas, e nas universidades promoveu-se a investigação científica e a inovação tecnológica.

Figura 2 - Ciclo de evolução do conhecimento/estilo de vida.



O setor terciário instalou-se e o número de atividades baseadas em serviços passou a ser o núcleo da empregabilidade. Para uma camada da população, os recursos económicos e materiais aumentaram

extraordinariamente. Em paralelo, as diferenças sociais aprofundaram-se. O ensino generalizado e abrangente catalisou a ciência e a tecnologia. O estilo de vida mudou.

4.ª Revolução industrial/ensino (2012 – presente)

Atingimos recentemente a 4.ª revolução industrial e nela estamos plenamente imersos. A individualização das ciências perde contornos no sentido de que tudo é global e as ciências estão agora interligadas pela tecnologia digital.

A referência temporal para o início da 4.ª revolução industrial pode associar-se ao projeto estratégico alemão proposto por Klaus Schwab (Indústria 4.0, 2012), visando a informatização de dados e a automação dos processos de produção. Segundo este projeto, processos físicos e digitais deverão cooperar de forma flexível para uma maior e mais sustentável produção.

A implementação do conceito “Indústria 4.0” teve como consequência imediata o desenvolvimento exponencial das tecnologias de informação e armazenamento de dados (*Big data Analytic*, sistemas *Ciber-Físicos*, computação na nuvem, etc.). Entretanto, tem vindo a ser implementada a automação e a gestão tecnológica de processos industriais e recursos visando o aumento da produtividade e uma gestão global. Se, por um lado esta metodologia sugere enormes benefícios económicos, por outro acarreta consigo riscos sociais (desemprego), informáticos (segurança digital, *hackers*, etc.) e mesmo um novo estilo de guerra.

Em menos de dez anos foi já realizada uma fase importante do projeto “Indústria 4.0”. Atualmente estamos no pronúncio dos sistemas de automação “inteligente”, cujas consequências são ainda imprevisíveis. Citando Klaus Schwab, “Estamos a bordo de uma revolução tecnológica que transformará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos” [4]. Esta afirmação encontra plena confirmação nos tempos de pandemia da COVID-19 que estamos a viver, desde o início de 2020. Se, por um lado, a comunicação digital e a disponibilidade de recursos à distância de um clique têm tido vantagens, no futuro a habituação a esses meios representa um risco à proximidade e socialização.

4.ª Revolução no ensino

A par da 4.ª revolução industrial, está em curso a 4.ª revolução do ensino, acelerada pela pandemia. “A necessidade aguça o engenho” é uma expressão popular. De facto, foi isso que aconteceu com alguns professores que, à partida, não pretendiam investir tempo nem esforço na utilização de meios de comunicação digital, e subitamente se viram na necessidade de usar de engenho para os passar a implementar.

Nas escolas, o recurso ao computador, à *internet*, às

bases de dados digitais, etc., teve início com a introdução das tecnologias de informação (TIC) nos programas de ensino. O acesso ao computador tornou possível a quase todos, facilitou a mudança de estratégia na procura de conhecimento. Os motores de busca, como o Google, acrescentaram facilidade e rapidez à aquisição de informação (nem sempre fiável), antes apenas existente em livros (bibliotecas) e memória. Como consequência, a procura de informação em bibliotecas, livros e manuais tem vindo a perder atratividade. A resposta a dúvidas e questões, ao alcance de um clique, passou a dominar a forma de procurar informação. Está tudo na “nuvem”!

O sistema de ensino procurou, e até certo ponto conseguiu, ir integrando a mudança. Até que em 2020, ano em que a pandemia devida ao vírus SARS-CoV-2 se instalou, subitamente, de uma semana para a outra, foi necessário transformar o ensino presencial em ensino à distância. O estilo de ensino que estava em paulatina adaptação às novas tecnologias, viu-se subitamente obrigado a acelerar para fazer face a inesperadas mudanças e dificuldades.

Nestas circunstâncias, ao professor já não basta seguir o manual. É necessário ter um conhecimento atualizado nas áreas específicas da sua especialização (ciências, filosofia, línguas, etc.) e ser capaz de captar e manter o interesse e atenção do aluno, recorrendo cada vez mais à “arte digital”. Já não basta ter em conta as necessidades de conhecimento (ensino). Nesta 4.ª revolução do ensino, será essencial ser capaz de despertar o interesse pelo querer saber. Para tal, o professor terá que recorrer aos meios tecnológicos digitais (som, imagem e movimento) e neles implicar o aluno. O desejo de aprender e saber, natural na idade dos “porquês”, tem que se conseguir estimular para além dos 3-4 anos. Esta é, e será, uma árdua tarefa.

Nesta fase, da modificação do paradigma ensino-aprendizagem, ao professor não basta ter um grau e habilitação própria para ensinar, é necessário que se mantenha atualizado tanto científica como pedagogicamente.

Atualização ao longo da vida - Centro de Formação da SPQ

A Sociedade Portuguesa de Química, enquanto Sociedade Científica ao serviço da Química em Portugal, atenta a estas necessidades, criou o Centro

de Formação de Professores (2018) e desde então tem colocado as suas competências científicas e meios de divulgação ao serviço da formação de professores de Físico-Química (formacao.spq.pt). Nos últimos três anos (2018-2021) cerca de 1000 professores participaram e obtiveram certificação relevante para as suas carreiras, em formações em áreas de interesse atual em Química. Os formadores, todos eles sócios da SPQ, têm de forma gratuita e empenhada posto os seus conhecimentos ao serviço da atualização de conceitos e métodos de ensino através das formações: A Tabela Periódica como ícone da Centralidade da Química (formacao.spq.pt/news/-a-tabela-peridica-como-cone-da-centralidade-da-quimica); Nomenclatura Química: Adequação das Regras da IUPAC à Língua Portuguesa (formacao.spq.pt/news/nomenclatura-quimica-adequao-das-regras-da-iupac-lingua-portuguesa); Conhecer a Luz para uma Cidadania Ativa (formacao.spq.pt/news/conhecer-a-luz-para-uma-cidadania-ativa); Humanidades, Artes e Ciências: A Transdisciplinaridade no Ensino da Química (formacao.spq.pt/news/humanidades-artes-e-cincias-a-transdisciplinaridade-no-ensino-da-quimica). Em 2022, foram certificadas pelo Centro Científico-Pedagógico de Formação Contínua (CCPFC) duas novas Ações: Água: Recurso Circular para a Sustentabilidade (formacao.spq.pt/news/gua-recurso-circular-para-a-sustentabilidade) e Ciências Básicas para um Desenvolvimento Sustentável (formacao.spq.pt/news/cincias-bsicas-para-um-desenvolvimento-sustentavel). Além destas formações específicas, a SPQ tem obtido acreditação para tópicos inseridos em congressos por si promovidos, desde que representativos do interesse dos professores de Química (grupo 510).

A partir de 2020 todas as formações ficaram disponíveis em formato *e-learning*, o que as torna acessíveis a professores de língua portuguesa mesmo no estrangeiro.

Agradecimentos

Aos professores Aníbal Carvalho e Tânia Coelho e à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através dos projetos UIDB/00100/2020 (CQE) e LA/P/0056/2020 (IMS).

Referências

- [1] M. K. Smith, “What is teaching? A definition and discussion”, infed.org/mobi/what-is-teaching (acedido em 03/03/2022).
- [2] *Online Schools Report*, onlineschoolsreport.com/the-oldest-school-in-every-country-that-is-still-in-operation (acedido em 03/03/2022).
- [3] P. A. Bastide, “August Comte”, Edições 70, Lisboa, São Paulo, **1984**, 49 e seguintes.
- [4] K. Schwab, “A Quarta Revolução Industrial”, Ed. Edipro, São Paulo, **2016**.

>

Maria Fernanda N. N. Carvalho

Centro de Química Estrutural, *Institute of Molecular Sciences, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa*.

Professora Associada do Departamento de Engenharia Química do Instituto Superior Técnico. Desenvolve a sua atividade

de investigação na área de “desenho, síntese e toxicologia de moléculas bioativas”. É secretária geral adjunta e coordenadora do Centro de Formação da Sociedade Portuguesa de Química. fcarvalho@tecnico.ulisboa.pt
ORCID.org/0000-0002-6825-1696

Nomenclatura Química no 11.º Ano de Escolaridade: Química Verde e Economia Atômica

>
Ana Maria Ferreira
Ana Maria Santos
Ana Paula Marta

Chemical Nomenclature in the 11th Grade of Schooling: Green Chemistry and Atomic Economy. *The hereby suggested proposal is directed to the 11th secondary level and is an example of how chemical nomenclature rules following IUPAC recommendations, properly translated and adapted to Portuguese, can be introduced without jeopardizing the learning process. Given the great diversity of compounds involved, the choice was based on the study of chemical reactions from a Green Chemistry point of view. An advantage of this approach is that it simultaneously allows the articulation of the revision of the 10th secondary level contents and the nomenclature of organic compounds. The starting point for this article was the training action “Chemical Nomenclature: adapting IUPAC rules to the Portuguese language” provided by the Portuguese Chemical Society training centre. This training gave the possibility for the trainees to explore the changes introduced to the nomenclature of organic and inorganic compounds by IUPAC recommendations, as well as the Portuguese terminology.*

A proposta de atividade apresentada, destinada ao 11.º ano de escolaridade, constitui-se como um exemplo de como as regras de nomenclatura química, seguindo as atuais recomendações da IUPAC traduzidas e adaptadas à língua portuguesa, podem ser introduzidas sem colocar em causa as aprendizagens. Pela diversidade de compostos que envolve, a escolha recaiu no estudo das reações químicas do ponto de vista da Química Verde. Este subdomínio tem a vantagem de possibilitar, simultaneamente, a abordagem/ revisão, de forma articulada, de aprendizagens do 10.º ano de escolaridade e a nomenclatura de compostos orgânicos. Este artigo vem na sequência da ação de formação “Nomenclatura Química: adequação das regras da IUPAC à língua portuguesa” fornecida pelo Centro de Formação da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ), na qual foi possível trabalhar as atuais recomendações da IUPAC para a nomenclatura dos compostos orgânicos e inorgânicos, utilizando a terminologia correta em língua portuguesa.

Introdução

No contexto educativo no domínio da química, torna-se necessário adequar algumas das práticas letivas no sentido de aproximar as aprendizagens dos estudantes, tanto quanto possível, dos avanços científicos e da terminologia usada nesta área científica. Deste modo, como professoras do ensino básico e secundário, a lecionar a disciplina de Física e Química A, e perspetivando o desenvolvimento de uma proposta de estratégia didática para uma aula sobre a nomenclatura química, as autoras tiveram como preocupação escolher um conteúdo programático que permitisse aplicar algumas das novas regras de nomenclatura química seguindo as recomendações da IUPAC atualmente em vigor para os

compostos orgânicos e inorgânicos [1,2]. Nesta disciplina não está claramente definido, em nenhuma das metas curriculares [3], a exigência dos estudantes conhecerem as regras de nomenclatura dos compostos inorgânicos e, no caso dos compostos orgânicos, o conhecimento fica limitado aos nomes e fórmulas de estrutura de hidrocarbonetos simples e à identificação dos grupos funcionais. Assim, no final do 11.º ano de escolaridade, a maior parte dos estudantes apenas identifica os nomes e fórmulas moleculares dos compostos inorgânicos mais referidos no seu percurso escolar e desconhecem, quase por completo, a nomenclatura dos compostos orgânicos.

Esta situação coloca aos professores o desafio de

decidir como trabalhar com os estudantes a nomenclatura química, sem se desviarem significativamente das aprendizagens essenciais [4], iniciando de forma consistente a abordagem à nomenclatura química seguindo as atuais recomendações da IUPAC traduzidas e adaptadas à língua portuguesa. Este processo é tanto mais complexo se atendermos que, neste momento, o Ministério da Educação parece não estar consciente da profundidade da mudança de paradigma ao nível da nomenclatura química. Contudo, esta necessidade de mudança já começa a evidenciar-se por algumas editoras o que, de alguma forma, vem ajudar muitos docentes que, até agora, se sentiam pouco capacitados para atribuir nomes às substâncias seguindo as atuais recomendações da IUPAC e ensiná-las aos seus estudantes.

Na sequência da análise dos vários sistemas de nomenclatura passíveis de serem utilizados para atribuição de nomes a compostos inorgânicos - nomenclaturas composicional, substitutiva e aditiva [2] - fica claro que a nomenclatura composicional implica menor recurso à memorização por parte dos estudantes e, por isso, é mais intuitiva e mais facilmente assimilável. Entender-se-á melhor a diferença entre os três sistemas de nomenclatura se, a título de exemplo, forem atribuídos nomes aos compostos com as fórmulas químicas H_2O , NH_3 e PCl_3 (Tabela 1).

No entanto, sentiram-se alguns constrangimentos ao optar pela nomenclatura composicional, relacionados com o facto de esta nomenclatura apenas fornecer informação sobre a constituição/composição das substâncias e não dar qualquer informação sobre aspetos associados às suas propriedades químicas. No Ensino Secundário, um dos assuntos onde estes constrangimentos seriam mais perceptíveis seria no estudo das reações ácido-base. Denominar, por exemplo, o ácido nítrico (HNO_3) por trióxido de hidrogénio poderia ser considerada uma dificuldade adicional. Não obstante, nada impede que seja feita uma abordagem dos dois pontos de vista: análise das suas propriedades enquanto “ácido nítrico”, denominando-o como tal, e a atribuição e utilização do nome, segundo as atuais recomendações da IUPAC para a nomenclatura química. Refira-se que na maioria dos casos, e no que se refere aos compostos inorgânicos, onde a mudança é mais drástica, não há dificuldades relevantes na atribuição e respetiva utilização dos nomes, senão veja-se: o “ozono”, O_3 , é mais facilmente identificado se for denominado “trioxigénio”.

Se é verdade que, numa primeira abordagem, se estranha e se sente relutância em aderir à mudança - afinal é todo um longo percurso que fica abalado -, à medida que se vai aplicando e interiorizando as atuais recomendações da IUPAC para a nomenclatura dos compostos químicos, compreende-se a sua simplicidade e as vantagens em iniciar a sua aplicação o quanto antes. Deste modo, dar-se-á aos estudantes uma melhor

Tabela 1 - Nomes dos compostos com as fórmulas químicas H_2O , NH_3 e PCl_3 segundo as nomenclaturas composicional, substitutiva e aditiva.

	H_2O	NH_3	PCl_3
nome não sistemático aceite	água	amoníaco	-
nomenclatura composicional	óxido de di-hidrogénio	tri-hidreto de nitrogénio	tricloreto de fósforo
	monóxido de di-hidrogénio		
nomenclatura substitutiva	oxidano	azano	triclorofosfano
nomenclatura aditiva	di-hidreto-oxigénio [OH_2]	tri-hidretonitrogénio	tricloretofósforo

preparação, facilitando a sua relação com a Química ao nível do prosseguimento de estudos, sendo certo que a aplicação das novas recomendações é inevitável.

Tendo em consideração as metas curriculares associadas ao 11.º ano de escolaridade [3], a preocupação na escolha do tema da aula residiu na seleção de um tópico que permitisse, numa atividade prática de 135 min, aplicar algumas das recomendações da IUPAC de nomenclatura química a compostos orgânicos e inorgânicos e, simultaneamente, abordar o tema da sustentabilidade, numa perspetiva Ambiente - Sociedade - Economia. Como resposta a esta necessidade, surgiu a ideia de planificar uma aula integrada no domínio “Equilíbrio Químico”, subdomínio “Aspetos quantitativos das reações químicas” e tema “Química Verde e Economia Atómica”, cuja Meta de Aprendizagem se transcreve: “A economia atómica deve surgir no contexto da “química verde” para realçar que, no caso das reações químicas, é possível introduzir modificações que visam economizar energia e/ou átomos e aumentar o rendimento e a seletividade de um dado processo. Estes aspetos podem ser debatidos com os alunos do ponto de vista da sustentabilidade. Sugere-se a escrita de equações químicas usando estruturas de Lewis, realçando o carácter molecular das reações” [3].

Perspetivando rever, simultaneamente, conceitos do 10.º ano de escolaridade e lecionar este tema do 11.º ano de escolaridade, foram selecionadas as Aprendizagens Essenciais a abordar, segundo as quais o estudante deverá ser capaz de: “Comparar reações químicas do ponto de vista da química verde, avaliando as implicações na sustentabilidade social, económica e ambiental” (11.º ano); “Identificar, com base em informação selecionada, classes funcionais (álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e aminas) de moléculas orgânicas, biomoléculas e fármacos, a partir das suas fórmulas de estrutura” (revisões do 10.º ano); “Representar, com base na regra do octeto, as fórmulas de estrutura de Lewis de algumas moléculas, interpretando a ocorrên-

cia de ligações covalentes simples, duplas ou triplas” (revisões do 10.º ano) [4].

Assim, seguidamente, será apresentada a estratégia didática que permitirá trabalhar o tema selecionado e, simultaneamente, a nomenclatura de compostos orgânicos e inorgânicos. Foram identificados como recursos necessários os materiais didáticos seguintes para poderem ser utilizados seguindo a metodologia descrita em aula de turnos:

- Escola virtual (vídeo “Economia Atômica e Química Verde”) [5];
- Kits de modelos moleculares;
- Saco de plástico transparente (saco de desperdícios);
- Quadro;
- Computador e projetor;
- Manuais de Química de 10.º e 11.º anos [8-11];
- Ficha de trabalho/consolidação.

Metodologia (aula de turnos)

O tema escolhido é o último tema do estudo dos aspetos quantitativos das reações químicas, logo após os cálculos estequiométricos, reagente limitante e em excesso, grau de pureza e rendimento.

Parte I

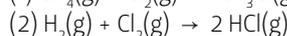
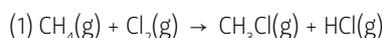
Para motivação ao tema, é proposta a visualização e posterior análise do vídeo “Economia Atômica e Química Verde” da Escola Virtual [5]. Após a apresentação da definição de Química Verde [6], deve ser feita a sistematização de conhecimentos, mais concretamente, devem ser apresentados os princípios da Química Verde (Figura 1) e registada a expressão que permite fazer o cálculo da economia atômica percentual, EA (%), constantes no manual adotado.

1 Prevenção de Resíduos	2 Economia Atômica	3 Síntese Química Segura	4 Desenvolvimento de Produtos Seguros
5 Solventes e Auxiliares Seguros	6 Eficiência Energética	7 Uso de Matérias-Primas Renováveis	8 Redução de Derivados
9 Uso de Catalisadores	10 Produtos Degradáveis	11 Prevenção da Poluição em Tempo Real	12 Minimização do Risco de Acidentes

Figura 1 - Princípios da Química Verde [8].

Dividindo o turno em três grupos, e recorrendo à utilização dos kits de modelos moleculares e saco de desperdícios, é proposta a realização de uma atividade de investigação em grupo sobre o conceito da economia atômica. Tendo por base os dois processos de síntese

do cloreto de hidrogénio (HCl) constantes na maioria dos manuais [8-11], pretende fazer-se a simulação da síntese a partir de CH₄ e Cl₂ (1) e a partir de H₂ e Cl₂ (2), o último dos quais de acordo com o segundo princípio da Química Verde:



No sentido de comprovar o que a simulação determinou, os estudantes devem calcular o valor da economia atômica percentual para cada um dos processos.

A atribuição do nome aos diferentes componentes das reações, usando as atuais recomendações da IUPAC para a nomenclatura química, pode ser concretizada por associação de nomes e fórmulas, tipologia de exercício facilitadora da aplicação das regras de nomenclatura química composicional, já abordadas no 10.º ano durante o estudo do domínio “Ligação Química”. Poderá, também, ser usada a informação disponibilizada no artigo publicado no *Química “Nomenclatura Química - Paradigmas Novos: a Implementação das Novas Regras na Nomenclatura Química em Manuais Escolares do 8.º Ano de Escolaridade”* [7].

Parte II

A cada grupo de estudantes é entregue uma ficha de trabalho (Figura 2) com um exercício semelhante aos apresentados nos Exercícios 1 a 3, envolvendo diferentes reações de síntese, nas quais umas são realizadas pelo processo tradicional e outras tendo por base o segundo princípio da Química Verde. Nesta ficha de trabalho ainda existem algumas questões, iguais para todos os grupos, uma das quais é sobre os nomes de substâncias compostas e substâncias elementares aplicando as recomendações atuais da IUPAC da nomenclatura química.

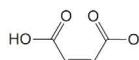
Parte III

O trabalho de cada grupo será apresentado ao turno e a apresentação oral será avaliada, já que a oralidade faz parte dos critérios de avaliação da disciplina. Todos os estudantes do turno deverão avaliar os colegas, utilizando o mesmo referencial de avaliação. A avaliação final da apresentação terá a contribuição do professor e dos pares.

O referencial de avaliação será proposto e analisado antes do início do desenvolvimento da ficha de trabalho, logo após a distribuição do exercício, de acordo com os seguintes itens: Mobiliza corretamente informação; Associa a compostos, orgânicos e inorgânicos, o nome de acordo com as recomendações atuais da IUPAC para a nomenclatura química; Apresenta, de forma clara e concisa, o trabalho realizado de acordo com os objetivos definidos; Comunica, com facilidade, usando linguagem científica adequada.

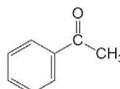
FICHA DE TRABALHO

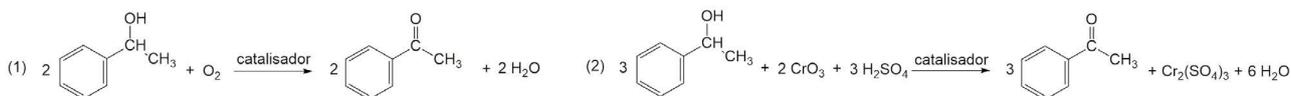
Exercício 1

 pode ser obtido industrialmente por dois processos:

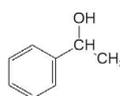


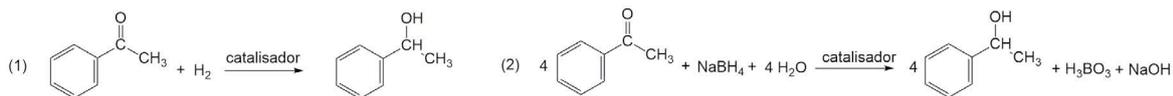
Exercício 2

 pode ser obtido industrialmente por dois processos:



Exercício 3

 pode ser obtido industrialmente por dois processos:



Questões

- Considere as moléculas seguintes, referidas nos exercícios anteriores: O₂, H₂O e CO₂.
- 1.1. Represente, com base na regra do octeto, a fórmula de estrutura de Lewis de cada molécula.
- 1.2. Preveja a geometria para cada uma das moléculas.
- Indique, justificando, se entre os intervenientes na reação existe(m) composto(s) aromático(s).
- Assinale, com um círculo, as classes funcionais presentes nos compostos orgânicos que participam nos dois processos.
- Calcule a economia atómica percentual de cada uma das reações.
- Indique qual dos métodos está de acordo com o segundo Princípio da Química Verde. Fundamente a sua resposta.
- Das seguintes medidas a adotar, associadas a processos de síntese, selecione aquelas que trazem preocupações da Química Verde:
 - Seleção de processo com o único objetivo de obtenção de maior quantidade de produto.
 - Substituição de solventes tóxicos por solventes inócuos.
 - Utilização de processos que evitem o desperdício, evitando a formação de produtos não desejados.
 - Usar energias não renováveis mais baratas.
- Indique os nomes, segundo as recomendações atuais da IUPAC para a nomenclatura química, de todas as espécies presentes nos três processos industriais apresentados, fazendo a associação correta entre a fórmula molecular ou de estrutura e o nome, em cada exercício.

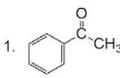
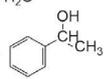
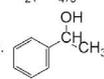
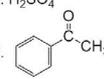
Exercício 1		Exercício 2		Exercício 3	
Fórmula de estrutura/molecular	Nome IUPAC	Fórmula de estrutura/molecular	Nome IUPAC	Fórmula de estrutura/molecular	Nome IUPAC
1. 	A. Dioxigénio	1. 	A. Trióxido de tri-hidrogénio	1. CrO ₃	A. 1-Feniletan-1-ol
2. O ₂	B. Monóxido de di-hidrogénio	2. NaBH ₄	B. Hidróxido de sódio	2. O ₂	B. Tetraóxido de di-hidrogénio
3. 	C. Benzeno	3. H ₂ O	C. 1-Feniletanona	3. H ₂ O	C. Trióxido de cromo
4. H ₂ O	D. Ácido butenedióico	4. 	D. Tetra-hidreto de sódio	4. Cr ₂ (SO ₄) ₃	D. 1-Feniletanona
5. CO ₂	E. Butano	5. H ₃ BO ₃	E. 1-Feniletan-1-ol	5. 	E. Tris(tetraóxido de di-hidrogénio) de dicromo
6. 	F. Dióxido de carbono	6. NaOH	F. Monóxido de di-hidrogénio	6. H ₂ SO ₄	F. Dioxigénio
				7. 	G. Monóxido de di-hidrogénio

Figura 2 - Ficha de trabalho.

Conclusão

Na perspetiva das autoras, o ensino da Nomenclatura Química de acordo com as atuais recomendações da IUPAC para a língua portuguesa pode ser implementado em qualquer ano do Ensino Básico e Secundário. No entanto, existe a convicção que a sua introdução será mais eficaz no início do Ensino Básico e, portanto, irá constituir-se como uma mais-valia na sua aprendizagem: os estudantes não terão dificuldade em atribuir o nome e identificar os compostos químicos com que se deparam.

Os constrangimentos na aplicação das atuais recomendações da IUPAC traduzidas e adaptadas à língua portuguesa, no imediato, prendem-se sobretudo, com dois aspetos: a resistência natural à mudança que os docentes sentem e a relutância em utilizar uma linguagem, entenda-se “últimas recomendações da IUPAC para a Nomenclatura Química traduzidas e adaptadas à língua portuguesa”, que só agora começa a ser apresentada nos manuais.

Não tendo os estudantes contacto com as atuais regras de nomenclatura, já que não constam, especificamente, dos programas das disciplinas de ciências físico-químicas, um possível modo de utilizar essas regras será, como se apresentou, solicitar a associação do nome à respetiva fórmula nas substâncias que vão surgindo, sobretudo em exercícios de aplicação em diferentes contextos.

Um outro aspeto, que se perspetiva ser facilitador da implementação das recomendações da IUPAC para a Nomenclatura Química traduzidas e adaptadas à

língua portuguesa, tanto em compostos orgânicos como inorgânicos, passará pela realização de um trabalho de articulação entre as disciplinas de Física e Química A e Biologia e Geologia. Este trabalho poderá ser concretizado através da construção de um projeto interdisciplinar, inserido nos Domínios de Articulação Curricular (DAC), sendo um contributo decisivo para quebrar “barreiras” e proporcionar aos estudantes uma visão integrada das aprendizagens das duas disciplinas.

Será recomendável, e até urgente, que o Ministério da Educação considere nos programas e nas aprendizagens essenciais as últimas recomendações da IUPAC para a Nomenclatura Química traduzidas e adaptadas por especialistas à língua portuguesa, já que são estas que permitem a comunicação não só entre os membros da comunidade científica, mas também a comunicação entre vários setores da indústria.

Agradecimentos

A proposta metodológica apresentada foi parte integrante do trabalho realizado no processo de formação pessoal e no âmbito da ação de formação “Nomenclatura Química: adequação das regras da IUPAC à língua portuguesa”, Registo n.º CCPFC/ENT – AC – 0001/18, do Centro de Formação da Sociedade Portuguesa de Química. As autoras agradecem aos formadores Maria Amparo F. Faustino, Maria Clara F. Magalhães e José Alberto L. Costa a disponibilidade demonstrada no decurso de todo o processo. Sem a sua colaboração e estímulo, este trabalho apenas teria ficado como produto final da formação.

Referências

- [1] “Guia IUPAC para a Nomenclatura de Compostos Orgânicos”, R. Panico, W. Powell, J. C. Richer (Eds.), tradução portuguesa nas variantes europeia e brasileira de A. C. Fernandes, B. J. Herold, H. Maia, A. P. Rauter, J. A. R. Rodrigues, Lidel, Lisboa, 2002, Reimpressão, 2010.
- [2] “Nomenclatura de Química Inorgânica, Recomendações da IUPAC de 2005”, N. G. Connelly, T. Damhus, R. M. Hartshorn, A. T. Hutton (Eds.), tradução portuguesa nas variantes europeia e brasileira de J. Cardoso, J. A. L. Costa, R. B. Faria, M. H. Garcia, R. T. Henriques, B. J. Herold, J. Marçalo, M. C. F. Magalhães, O. Pellegrino, O. A. Serra, IST Press, Lisboa, 2017.
- [3] dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Fisica_Quimica_A/programa_fqa_10_11.pdf (acedido em 29/01/2021).
- [4] dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario (acedido em 29/01/2021).
- [5] app.escolavirtual.pt/lms/playerteacher/resource/824181/E?se=&seType=&cold=13409873&bkid=16574473 (acedido em 15/02/2021).
- [6] infoescola.com/ecologia/quimica-verde (acedido em 15/12/2021).
- [7] J. Rodrigues, J. Teodoro, M. Jorge, *Química* 2021, 45, 53-59. DOI: 10.52590/M3.P695.A30002369.
- [8] A. Marques, F. Coelho, F. Soares, “Química entre nós 11: Física e Química A, Química 11.º ano de escolaridade”, Santillana, Barcelona, 2016.
- [9] J. Paiva, A. Ferreira, M. Matos, C. Morais, C. Fiolhais, “Novo 10Q: Física e Química A, Química”, Texto Editores, Lisboa, 2015.
- [10] J. Paiva, A. Ferreira, M. Matos, C. Morais, C. Fiolhais, “Novo 11Q: Física e Química A, Química”, Texto Editores, Lisboa, 2016.
- [11] C. Silva, C. Cunha, M. Vieira, “Eu e a Química 11: Manual Física e Química A, Química 11.º ano”, Porto Editora, Porto, 2016.

>

Ana Maria Ferreira

Agrupamento de Escolas Soares Basto, Oliveira de Azeméis.

Professora do grupo 510 no Agrupamento de Escolas Soares Basto, Oliveira de Azeméis. Licenciada em Física – ramo educacional, pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
anamferreira@soaresbasto.pt

>

Ana Maria Santos

Agrupamento de Escolas Soares Basto, Oliveira de Azeméis.

Professora do grupo 510 no Agrupamento de Escolas Soares Basto, Oliveira de Azeméis. Licenciada em Ensino de Física e Química pela Universidade do Minho.
anamasantos@soaresbasto.pt

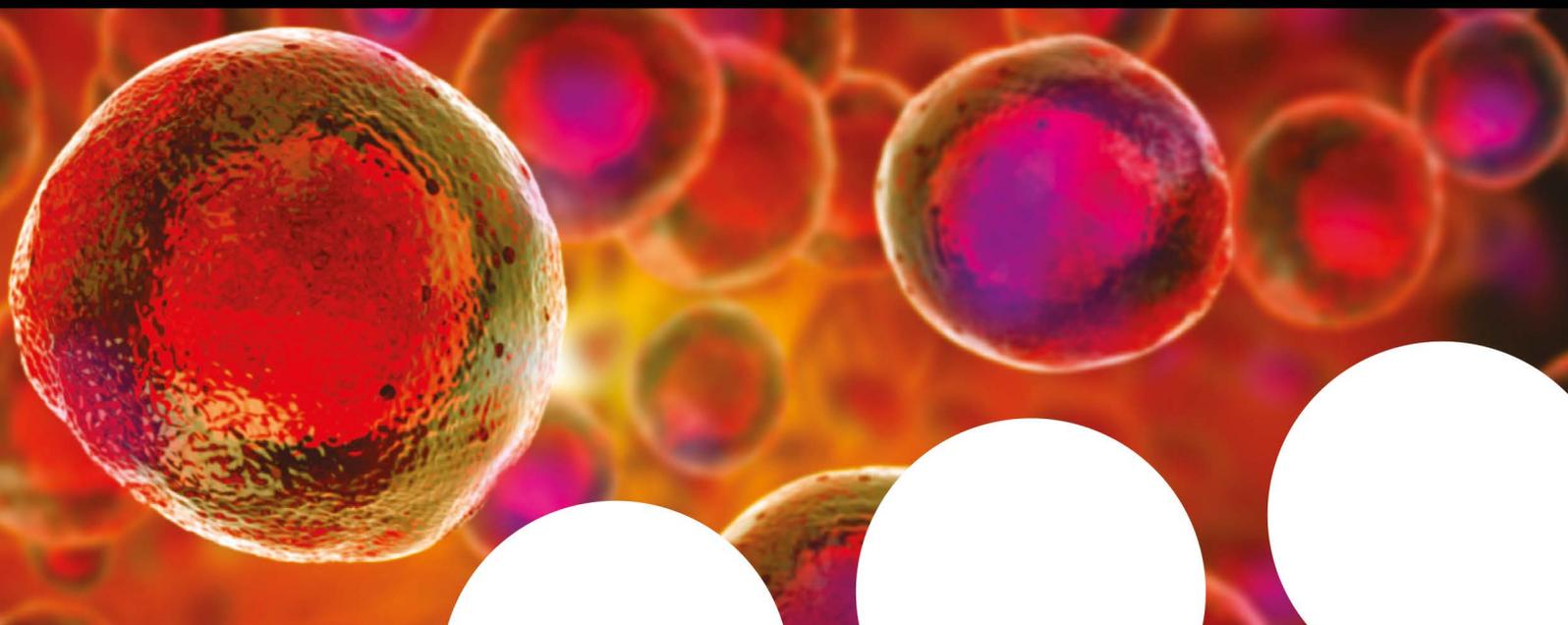
>

Ana Paula Marta

Agrupamento de Escolas Soares Basto, Oliveira de Azeméis.

Professora do grupo 510 no Agrupamento de Escolas Soares Basto, Oliveira de Azeméis. Licenciada em Ensino de Física e Química pela Universidade de Aveiro.
anapaulamarta@soaresbasto.pt

Your research is important and needs to be shared with the world



Benefit from the Chemistry Europe Open Access Advantage

- Articles published open access have higher readership
- Articles are cited more often than comparable subscription-based articles
- All articles freely available to read, download and share.

Submit your paper today.



www.chemistry-europe.org



Delícias Moleculares

A gastronomia molecular combina a física e a química para transformar os sabores e as texturas dos alimentos. Nesta gastronomia, os *chefs* exploram a culinária usando instrumentos que estamos habituados a ver apenas num laboratório e ingredientes da indústria alimentar. O resultado é uma experiência gastronómica incrível. No portal *Molecular Recipes*, entramos no mundo da gastronomia molecular. Entramos e não queremos sair... O portal contém centenas de receitas usando diferentes técnicas de gastronomia molecular: esferificação, *sous vide*, géis, emulsões, espumas, entre outras.

Como exemplo, a preparação das esferas de mojito carbonatadas (ver imagem) recorre à técnica de esferificação inversa usando um sifão (*iSi whipper*) pressurizado com dióxido de carbono (CO_2). É fácil adquirir um destes sifões e as respetivas cargas de CO_2 numa loja *online*, a um custo muito baixo. Dos



Esferas de mojito carbonatadas. @Molecular Recipes.

ingredientes (também facilmente acessíveis) constam rum branco, sumo de lima, água, açúcar, gluconato de cálcio e lactato de cálcio (gluconolactato) e goma xantana. É também necessária água filtrada (ou com baixo teor de cálcio) e alginato de sódio para fazer o banho de alginato. Para decorar podem usar-se raspas de lima e folhas de hortelã. Quem quiser experimentar só tem que seguir a receita detalhada no *site*!

Veja mais em molecularrecipes.com

>

Vasco Bonifácio

vasco.bonifacio@tecnico.ulisboa.pt

Conversar Sobre Química



Reação da chuva dourada. @ChemTalk.

A *ChemTalk* é uma organização sem fins lucrativos dedicada à educação e divulgação científica, sob o lema “tornar a química divertida e fácil”. No portal podemos encontrar diversos tutoriais (ex. química geral, química orgânica, bioquímica), experiências e muitos recursos educativos, incluindo história da química, *podcasts*, entrevistas a químicos e infografias. No tutorial sobre precipitados e reações químicas de precipitação ficamos a saber que reações são estas, como se identificam, quais são as regras da solubilidade e como podemos usar esta informação no quotidiano. Podemos ainda testar os nossos conhecimentos sobre este tema e até fazer algumas experiências em que os precipitados deslumbram, como é o caso da *chuva dourada* (reação do nitrato de chumbo com o iodeto de potássio).

Veja mais em chemistrytalk.org

>

Vasco Bonifácio

vasco.bonifacio@tecnico.ulisboa.pt

Os Ácidos e a Acidez do Vinho

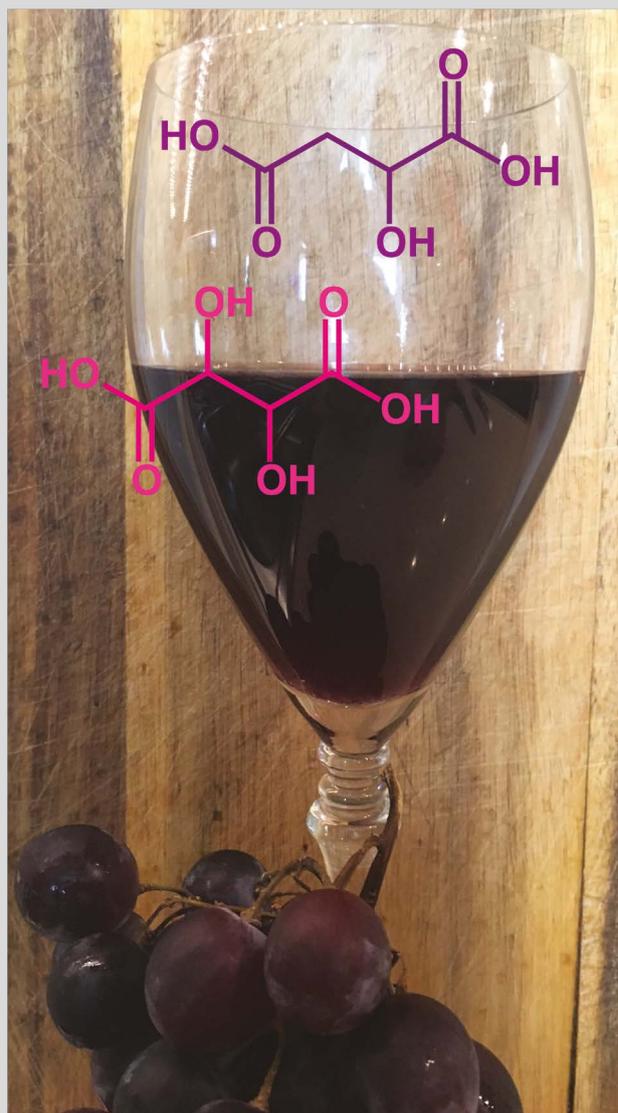
> **Marta Pineiro**
mpineiro@qui.uc.pt

> **Paulo J. Mendes**
pjgm@uevora.pt

Setembro é mês de vindimas. O processo de produção do vinho tem várias etapas que podem variar dependendo do tipo de vinho que se pretende fazer, mas começa sempre pela vindima que, por sua vez, só é iniciada quando se decide que a maturação das uvas está no estado ótimo para a produção de vinho. A maturação da uva tem muita Química, já que está relacionada com a quantidade existente de uma multiplicidade de compostos químicos, nomeadamente açúcares, ácidos, compostos fenólicos, compostos nitrogenados, entre outros. Uma vez recolhidas as uvas, e já na adega, realiza-se o desengace (nem sempre, dependendo da opção do produtor) e esmagamento, a fermentação alcoólica (transformação de açúcares em etanol e dióxido de carbono) e, eventualmente, a fermentação malolática (transformação de ácido málico em ácido láctico), a trasfega, os processos de clarificação e estabilização, o estágio (em inox, cimento ou barrica) e o engarrafamento.

O entendimento da natureza química da uva e do vinho tem avançado significativamente, em particular desde a década de 1960. Este conhecimento e a contínua investigação científica na área tem vindo a orientar a prática da vinha e da adega para a produção de vinhos mais consistentes e de melhor qualidade.

A diversidade química dos compostos presentes na uva e no vinho é muito grande, estando representadas muitas famílias de compostos orgânicos e alguns compostos inorgânicos. A identificação destes compostos está intimamente relacionada com os avanços dos métodos analíticos. Por exemplo, João Pedro Alpuim, num artigo publicado em 1997 no QUÍMICA escrevia “hoje sabemos que existem no vinho mais de 600 compostos químicos diferentes, incluindo todas as funções mais importantes da química orgânica.... A química do vinho é, assim, qualquer coisa de complexo que ainda hoje não é totalmente conhecida, embora as modernas e poderosas técnicas espectroscópicas e cromatográficas, por exemplo, tenham permitido em anos recentes avanços gigantescos na compreensão dos processos naturais que se produzem no interior do vinho (no princípio deste século apenas se conheciam pouco mais de meia dúzia de substâncias como constituintes do vinho; há 40 anos, cerca de 50; hoje, mais de 600)”.



Sob o ponto de vista de um químico, o vinho é uma mistura, muito complexa, de compostos químicos numa solução hidroalcoólica com um valor de pH ~3. Foquemo-nos, neste pequeno texto, na questão da acidez e nos compostos, em particular os ácidos, que lhe conferem aquela característica.

Em enologia são utilizados três conceitos de acidez: acidez fixa, acidez volátil e acidez total. A acidez total corresponde à acidez titulável, a concen-

tração analítica da totalidade dos ácidos presentes no vinho, que são na maior parte ácidos orgânicos, relativamente fracos, que se encontram, ao pH do vinho, em equilíbrio com as suas bases conjugadas numa extensão dada pelos respetivos valores de pK_a .

Na acidez total são considerados os ácidos voláteis, obtidos por destilação direta ou por arrastamento de vapor, e não voláteis. Entre os ácidos voláteis, o mais significativo é o ácido acético, mas também se encontra neste grupo o ácido fórmico, o ácido propiónico e o ácido butírico. Os principais ácidos não voláteis, que são responsáveis pela acidez fixa, são os ácidos orgânicos presentes nas uvas e os resultantes dos processos de fermentação. No primeiro grupo encontram-se, principalmente, os ácidos tartárico, málico e cítrico; no segundo grupo encontram-se, por exemplo, o ácido láctico e o ácido succínico. Os ácidos urónicos derivados dos açúcares, tais como os ácidos galacturónico, glucónico e glucorónico, também podem surgir. Outros compostos, nomeadamente os compostos fenólicos e ácidos inorgânicos, podem também contribuir para a acidez do vinho.

Na época da vindima, mais de 90% da acidez das uvas é devida ao ácido tartárico e ao ácido málico (representados na figura). O ácido tartárico é o ácido mais abundante nas uvas e no vinho, sendo fundamental durante o processo de vinificação já que reduz os riscos de oxidação e contaminação, evitando reações químicas indesejadas, além de realçar o sabor e intensificar o brilho da bebida. Na boca, o ácido tartárico proporciona algum do sabor acre característico do vinho. O ácido málico é também abundante, sendo responsável pelo sabor verde das uvas e dos vinhos, mas quando em elevadas concentrações, causa desequilíbrios de sabor. Por isso, para a maioria dos vinhos tintos, faz-se a fermentação malolática, transformando o ácido málico em ácido láctico, um ácido mais fraco e mais suave, conseguindo-se um vinho mais harmonioso.

O aparecimento de etanol durante a fermentação alcoólica diminui a polaridade do meio. A diminuição da polaridade reduz a solubilidade dos compostos polares, dando origem a turvação causada por partículas que, gradualmente, se depositam no fundo do recipiente. Estes fenómenos afetam a limpidez do vinho e são influenciados por fatores químicos (ex. pH) e fatores físicos (ex. temperatura). A turvação pode desenvolver-se naturalmente durante os meses de inverno, a seguir à fermentação, ou pode ser induzida por redução deliberada da temperatura do vinho. A estabilidade de um vinho está relacionada com uma limpidez duradoura. Se puder ocorrer turvação do vinho com o tempo, o mesmo diz-se instável. Uma das causas de instabilidade é a precipitação de sais de ácido tartárico. De facto,

como no vinho existem também catiões metálicos, os ácidos podem formar sais e precipitar. A extensão da precipitação depende dos valores de K_{ps} dos sais formados. O principal sal que pode precipitar é o bitartarato de potássio, que pode ficar depositado no fundo da garrafa ou na parte inferior da rolha como cristais, conhecidos no mundo da enologia e enofilia como “diamantes do vinho”.

Uma mistura entre um ácido fraco e um sal desse ácido fraco, a um valor de pH próximo do pK_a do ácido, constitui aquilo que se designa por uma solução tampão. Uma solução tampão resiste a variações de pH ao adicionar-se um ácido ou uma base. O vinho, constituído por vários ácidos e sais desses ácidos, possui estas características. A capacidade tampão de um vinho traduz-se na quantidade de ácido (ou base) que deve ser adicionado ao vinho a fim de reduzir (ou aumentar) o valor de pH em uma unidade. Quanto maior a quantidade de ácido (ou base) que é necessária para provocar aquela alteração, maior a capacidade tampão do vinho. Uma boa capacidade tampão está geralmente associada a uma maior estabilidade físico-química e microbiológica e a melhores propriedades organoléticas dos vinhos. Por exemplo, vinhos com uma boa capacidade tampão deixam, em geral, uma impressão fresca no palato mais duradoura.

Ernest Hemingway referiu que “O vinho é uma das substâncias mais civilizadas do mundo, uma das coisas materiais que foram levadas ao mais alto grau de perfeição e que oferece a maior variedade de prazeres e de satisfações que qualquer outra que se possa comprar com intenções puramente sensoriais.” Os ácidos e a acidez desempenham um papel fundamental nas sensações referidas pelo autor de, entre outros, “Por Quem os Sinos Dobram” e “O Velho e o Mar”. De facto, os vinhos com elevada acidez, possuem, em geral, bom potencial de envelhecimento, sendo que os ácidos presentes têm uma contribuição muito significativa para a composição, estabilidade (microbiológica e físico-química) e propriedades organoléticas do vinho.

Brindemos de copo bem alto à Química (ácida) do vinho. Saúde!

Saiba mais em:

J. P. Alpuim, *QUÍMICA* 1997, 65, 13-27. DOI: 10.52590/M3.P589.A3000791. Vida e vinho, vidaevinho.com/processo-de-producao-do-vinho-2 (acedido em 17/06/2022).

Revista de Vinhos, a Essência do Vinho, revistadevinhos.pt/beber/acidez-da-frescura-do-sabor-a-outras-dicas (acedido em 17/06/2022).

Australian Academy of Science, science.org.au/curious/earth-environment/chemistry-wine-part-1 (acedido em 17/06/2022).

Extintor Químico

> Marta C. Corvo



Introdução

Numa altura em que os fogos são uma preocupação constante, a sua extinção é o pretexto da atividade que iremos explorar. Utilizando reações já muitas vezes abordadas nesta rubrica, poderemos observar o princípio básico do funcionamento dos extintores.

Material

- Dois copos
- Bicarbonato (hidrogenocarbonato) de sódio
- Vinagre de limpeza
- Colheres de medida
- Paus de espetada
- Uma vela pequena

Atenção: Esta experiência requer a participação de um adulto uma vez que envolve o manuseamento de fogo. O hidrogenocarbonato de sódio pode ser adquirido em supermercados como bicarbonato de sódio.

Procedimento

1. Com a ajuda de um adulto, colocar uma extremidade de um pau de espetada a arder (utilizar um isqueiro, ou um bico do fogão, se houver um fogão a gás).
2. Colocar a chama dentro de um dos copos, na parte superior. Verificar que continua a arder, mesmo no interior do copo (Figura 1A). Apagar a chama.
3. Colocar no segundo copo cerca de 30 mL de hidrogenocarbonato de sódio, seguidos de 30 mL vinagre*.
* Poderá ser necessário ajustar as quantidades ao volume do copo, tendo em atenção que não deve transbordar quando entrar em eferescência.
4. Colocar novamente uma extremidade de um pau de espetada a arder e introduzir no copo que contém a mistura anterior, sem tocar no líquido (Figuras 1B e 1C). Observar.

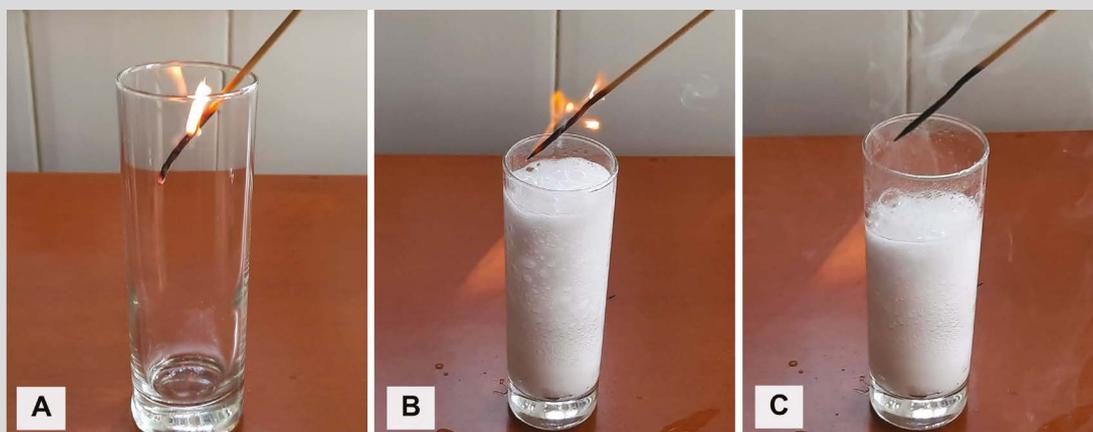


Figura 1

5.

Preparar novamente a mistura de hidrogenocarbonato/vinagre dentro do copo, após descartar a mistura anterior, e acender a vela.

6.

Com cuidado para não derramar nenhum líquido, “verter” o gás que se liberta dentro do copo para a chama da vela (**Figura 2**). Observar.



Figura 2

Explicação

Podemos utilizar a química para extinguir o fogo. Para tal, só precisamos compreender como funciona para sabermos como o podemos parar. Existem vários tipos de extintores de incêndio para apagar diferentes tipos de fogos. Quando uma substância inflamável é aquecida a uma determinada temperatura, chamada ponto de ignição, ou temperatura de combustão, a substância combina-se com o oxigénio do ar e inflama-se, ou seja, começa a arder. Para a sua extinção, precisamos de retirar ou reduzir um ou mais destes três elementos (combustível, oxigénio e calor). O calor pode ser reduzido, por exemplo, com água. Outro método de extinção do fogo é através da eliminação ou diminuição da quantidade de oxigénio. Isto é normalmente feito cobrindo o fogo com alguma substância que não é facilmente inflamável, como a areia, a espuma, o vapor de água ou um químico não inflamável. Na presente atividade, começámos por verificar que colocando o pau da espetada a arder dentro do primeiro copo, que só continha ar, este continuava a arder. Quando fizemos o mesmo no segundo copo, este continha a mistura de hidrogenocarbonato de sódio com vinagre, que reagem através de uma reação ácido-base, formando água e CO_2 . Este último, liberta-se na forma de um gás acumulando-se dentro do copo. Quando aproximámos a chama, ela extinguiu-se, uma vez

que não havia oxigénio. Quando preparámos nova mistura de hidrogenocarbonato de sódio e vinagre, voltámos a acumular o CO_2 gasoso no copo. Como este é mais pesado do que o principal componente do ar, o nitrogénio, conseguimos “derramá-lo” por cima da vela, apagando assim o fogo.

Bibliografia

- [1] Adaptado de “*Flame Light Relight – Science Magic*”. Disponível em stevespangler.com/experiments/flame-light-relight/ (acedido em 30/06/2022).
 [2] Adaptado de “*Fire extinguisher*”. Disponível em kids.britannica.com/students/article/fire-extinguisher/274323 (acedido em 30/06/2022).

>

Marta C. Corvo

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. i3N/CENIMAT.

Marta Corvo é investigadora no i3N-CENIMAT, Dep. Ciência dos Materiais da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, dedicada à

ressonância magnética nuclear. Além da divulgação de ciência, interessa-se pelo desenvolvimento de novos materiais para captura de CO_2 , armazenamento de energia e preservação de obras de arte. marta.corvo@fct.unl.pt
 ORCID.org/0000-0003-0890-6133



12.º Encontro Nacional de Cromatografia

O 12.º Encontro Nacional de Cromatografia (12ENC) irá decorrer de 6 a 8 de dezembro de 2022 na Universidade de Aveiro. O programa está a ser desenhado no sentido de reunir a comunidade da cromatografia em Portugal, contando também com a presença de especialistas estrangeiros. Com este evento pretendem-se abordar os desenvolvimentos mais recentes em termos instrumentais, assim como inovações conceptuais e aplicações que mostrem como a cromatografia e técnicas

relacionadas têm um papel central na resposta aos desafios sociais atuais, nomeadamente a segurança, a saúde e bem-estar, a sustentabilidade, a alimentação saudável e os novos ingredientes, as alterações climáticas, a gestão de contaminantes ambientais, a gestão de crises, a exploração do espaço, entre outros. O prazo para submissão de resumos é 7 de novembro de 2022.

Mais informações disponíveis em:
12enc.events.chemistry.pt

X Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química

O X Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química enquadra-se nas celebrações do Ano Internacional das Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável (IYBSSD2022), cuja abertura oficial ocorreu no passado dia 8 de julho de 2022 na sede da UNESCO, em Paris. Através dos tópicos escolhidos, o Encontro pretende chamar a atenção para a AGENDA 2030 das Nações Unidas e dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nela contidos. A comunidade educativa tem um papel fundamental no 4.º ODS (Educação de Sustentável, que pretende criar condições para que todos os jovens possam ter acesso a um processo educativo de qualidade, inclusivo e equitativo com oportunidades, para jovens e menos jovens, de aprendizagem ao longo da vida.

O X Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química decorrerá entre 13 e 14 de janeiro de 2023 no Colégio de São João de Brito em Lisboa, e incluirá a formação “Desafios Sociais e Sustentabilidade”.



Mais informações disponíveis em:
xededq.events.chemistry.pt

Agenda

(por razões alheias ao *Química*, alguns dos eventos poderão sofrer ajustes de calendarização)

> novembro de 2022

06 - 10 de novembro de 2022, Siem Reap, Camboja
18th Asia Pacific Symposium on Microscale Separation and Analysis e 17th International Interdisciplinary Meeting on Bioanalysis
ce-ce.org

08 - 11 de novembro de 2022, Sveti Martin na Muri, Croácia
Solutions in Chemistry
solutionsinchemistry.hkd.hr

09 - 11 de novembro de 2022, Busan, Coreia do Sul
2022 Asian Conference on Nanoscience & Nanotechnology (AsiaNANO 2022)
asianano2022.org

16 - 18 de novembro de 2022, Galiza, Espanha
XXVI Encontro Galego-Portugués de Química
encontrogalegoportugues.org

27 - 30 de novembro de 2022, Melbourne, Austrália
International Microreaction Technology Conference (IMRET16)
imret2022.com

dezembro de 2022

06 - 08 de dezembro de 2022, Aveiro, Portugal
12.º Encontro Nacional de Cromatografia
12enc.events.chemistry.pt

07 - 09 de dezembro de 2022, Cairo, Egito
5th African Conference on Research in Chemistry Education (ACRICE)
acrice.online

janeiro de 2023

17 - 21 de janeiro de 2023, Nairobi, Quênia
Pan African Conference on Crystallography (PCCR3)
pccr3africa.org

fevereiro de 2023

14 de fevereiro de 2023, *online*
GWB2023
iupac.org/gwb

22 - 23 de fevereiro de 2023, Frankfurt, Alemanha e *online*
7th ECP
bcnp-consultants.lpages.co/ecp2023

março de 2023

14 - 17 de março de 2023, Nova Deli, Índia
15th IUPAC International Congress on Crop Protection Chemistry
iupac2023.in

26 - 30 de março de 2023, Indianapolis, EUA
ACS Spring 2023 National Meeting & Exposition
acs.org/content/acs/en/meetings/acs-meetings/about/future-meetings.html

28 - 31 de março de 2023, Rovinj, Croácia
28th Croatian Meeting of Chemists and Chemical Engineers (28HRSKIKI)
28hskiki.org

abril de 2023

11 - 14 de abril de 2023, Viena, Áustria
ANAKON 2023
anakon2023.at

maio de 2023

17 - 19 de maio de 2023, Vila Real, Portugal
8th Portuguese Young Chemists Meeting
8pychem.events.chemistry.pt

23 - 27 de maio de 2023, Vilnius, Lituânia
13th International Conference on the History of Chemistry (13ICHC)
ichc2023vilnius.chgf.vu.lt

junho de 2023

05 - 07 de junho de 2023, Berlim, Alemanha
Bunsen-Tagung2023
bunsen.de/veranstaltungen/bunsentagungen

18 - 22 de junho de 2023, Dusseldorf, Alemanha
51st International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques
hplc2023-duesseldorf.com

25 - 29 de junho de 2023, Saragoça, Espanha
39th Biennial Meeting of the Spanish Royal Society of Chemistry
bqz2023.com

26 - 28 de junho de 2023, Nantes, França
SCF2023
scf2023.fr

26 - 30 de junho de 2023, Singapura
11th International Conference on Materials for Advanced Technologies
icmat2023.mrs.org.sg

julho de 2023

09 - 12 de julho de 2023, Praga, República Checa
18th European Conference on Solid State Chemistry (ECSSC 2021)
ecssc18.com

09 - 13 de julho de 2023, Gent, Bélgica
22nd European Symposium on Organic Chemistry
esoc2023.org

16 - 21 de julho de 2023, Cancun, México
Word Conference on Carbon 2023
carbon2023.org

24 - 28 de julho de 2023, Vancouver, Canadá
21st International Symposium on Organometallic Chemistry Directed Toward Organic Synthesis (OMCOS 21)
omcos21.ca

agosto de 2023

13 - 17 de agosto de 2023, São Francisco, EUA
ACS Fall 2023 National Meeting & Exposition
acs.org/content/acs/en/meetings/acs-meetings/about/future-meetings.html

20 - 24 de agosto de 2023, Innsbruck, Áustria
21st International Conference on Near Infrared Spectroscopy (NIR 2023)
nir2023.at

20 - 25 de agosto de 2023, Haia, Países Baixos
49th IUPAC World Chemistry Congress e 11th CHAINS
iupac2023.org

24 - 25 de agosto de 2023, Berna, Suíça
SCS Fall Meeting 2023
scg.ch/component/eventbooking/fm23

27 de agosto - 01 de setembro, Praga, República Checa
15th European Congress on Catalysis (EuropaCat)
europacat2023.cz

setembro de 2023

03 - 06 de setembro de 2023, Leipzig, Alemanha
GDCh-Wissenschaftsforum Chemie 2023 (WiFo 2023)
chemistryviews.org/details/event/11316941/GDCh-Wissenschaftsforum_Chemie_2023_WiFo_2023.html

04 - 08 de setembro de 2023, Alcalá de Henares, Espanha
25th Conference on Organometallic Chemistry (EuCOMC XXV)
congresosalcala.fgua.es/eucomc2023

05 - 08 de setembro de 2023, Évora, Portugal
International Symposium on Synthesis and Catalysis 2023 (ISySyCat2023)
isysycat2023.events.chemistry.pt

17 - 21 de setembro de 2023, Berlim, Alemanha
14th European Congress of Chemical Engineering e 7th European Congress of Applied Biotechnology
chemistryviews.org/details/event/11319574/ECCCE-CAB_2023_-_14th_European_Congress_of_Chemical_Engineering_and_7th_European_.html

outubro de 2023

outubro de 2023, Nápoles, Itália
31st International Symposium on the Chemistry of Natural Products e 11th International Congress on Biodiversity (ISCPN31 & ICOB11)
iscnp31-icob11.org

Março de 2024

17 - 21 de março de 2024, Nova Orleães, EUA
ACS Spring 2024 National Meeting & Exposition
acs.org/content/acs/en/meetings/acs-meetings/about/future-meetings.html

Junho de 2024

30 de junho - 03 de julho de 2024, Maastricht, Países Baixos
19th International Biotechnology Symposium
ecb2024.com

Julho de 2024

07 - 11 de julho de 2024, Dublin, Irlanda
9th EuChemS Chemistry Congress (ECC9)
euchems.eu/events/9th-eu-chems-chemistry-congress-ecc9

Agosto de 2024

18 - 21 de agosto de 2024, Denver, EUA
ACS Fall 2024 National Meeting & Exposition
acs.org/content/acs/en/meetings/acs-meetings/about/future-meetings.html

Boletim da Sociedade
Portuguesa de Química

Química

www.spq.pt

julho-setembro
Vol. 46 | N.º 166 | 2022



**SOCIEDADE
PORTUGUESA
DE QUÍMICA**