



Tabela Periódica, Mendeleev e educação CTS - o caso de uma exposição pública

Periodic Table, Mendeleev and STS education - the case of a public exhibition

Isabel P. Martins

Universidade de Aveiro, Departamento de Educação e Psicologia, CIDTFF
imartins@ua.pt

Isabel Malaquias

Universidade de Aveiro, Departamento de Física, CIDTFF
imalaquias@ua.pt

João Oliveira

Universidade de Aveiro, Departamento de Química, CESAM
jabpo@ua.pt

Resumo:

A comemoração do ano internacional da Tabela Periódica, em 2019, alertou a comunidade científica para a necessidade de difundir, no público em geral, a importância da conceção desse instrumento icónico do pensamento químico, em que consiste e o que nos permite compreender sobre o que existe ou possa vir a existir. A organização de uma exposição temática, enquadrada historicamente, contextualizando os elementos químicos em termos de abundância, fontes minerais e aplicações tecnológicas, foi o propósito dos autores, professores e investigadores da Universidade de Aveiro, os quais, em parceria com a Fábrica Ciência Viva da Universidade de Aveiro e o American Corner da Universidade de Aveiro, a conceberam e desenvolveram. Todas as peças constituintes da exposição, intitulada “*E se Mendeleev estivesse aqui?*”, foram especialmente concebidas para este fim. Procurou-se dar a conhecer alguns marcos relevantes da história da ciência para a criação da Tabela Periódica, a descoberta de contactos de Mendeleev com Portugal, e desenhou-se e construiu-se uma Tabela Periódica de grandes dimensões realçando, para cada elemento, informações relevantes do ponto de vista químico, bem como algumas aplicações. O mundo dos materiais é finito e muitas das transformações são irreversíveis. Compreender que a sustentabilidade do planeta depende do consumo controlado das fontes dos elementos químicos é, de facto, essencial.

Palavras-chave: História da Ciência; Educação CTS; Mendeleev; Tabela Periódica; Cultura científica.



Abstract:

The commemoration of the international year of the Periodic Table in 2019 alerted the scientific community to the need to spread to the general public the importance of the design of this iconic instrument of chemical thinking, in which it consists and what allows us to understand what exists or may exist. The organization of a thematic exhibition, historically framed, contextualizing the chemical elements in terms of abundance, mineral sources and technological applications, was the purpose of a group of professors and researchers from the University of Aveiro who in partnership with the Living Science Factory of the University of Aveiro and the American Corner of the University of Aveiro conceived and developed it. All the constituent pieces of the exhibition, entitled "*What if Mendeleev were here?*", were specially designed for this purpose. We tried to make known some relevant milestones in the history of science for the creation of the Periodic Table, the discovery of Mendeleev's contacts with Portugal and a large periodic table was designed and constructed, highlighting, for each element, information relevant from the chemical point of view, as well as some applications. The world of materials is finite and many of the transformations are irreversible. Understanding that the sustainability of the planet depends on the controlled consumption of the sources of chemical elements is, in fact, essential.

Keywords: History of Science; STS Education; Mendeleev; Periodic Table; Scientific culture.

Resumen:

La conmemoración del Año Internacional de la Tabla Periódica, en 2019, mostró a la comunidad científica sobre la necesidad de explicar al público en general la importancia de la configuración, de este instrumento icónico para la química, en qué consiste así como su función para comprender lo que existe, o puede existir. La organización de una exposición temática, históricamente enmarcada, contextualizando los elementos químicos según su abundancia, fuentes minerales y aplicaciones tecnológicas, fue el propósito de los autores, profesores e investigadores de la Universidad de Aveiro, concebida y desarrollada en colaboración con la Fábrica Ciência Viva de la Universidad de Aveiro y lo American Corner de la Universidad de Aveiro. Todas las piezas de la exposición, titulada "*¿Qué pasaría si Mendeleev estuviera aquí?*", fueron diseñadas especialmente para este propósito. Se intentó presentar algunos hitos relevantes en la historia de la ciencia para la creación de la Tabla Periódica, el descubrimiento de los contactos de Mendeleev con Portugal y se diseñó y construyó una gran Tabla Periódica, destacando, para cada elemento, información relevante desde el punto de vista químico, así como algunas de sus aplicaciones. El mundo de los materiales es finito y muchas de las transformaciones son irreversibles. Comprender que la sostenibilidad del planeta depende del consumo controlado de las fuentes de los elementos químicos es realmente esencial.

Palabras clave: Historia de la Ciencia; Educación CTS; Mendeleev; Tabla Periodica; Cultura científica.

Introdução

Desde 1957 que a Assembleia Geral das Nações Unidas declara, em cada ano, o ano internacional dedicado a um tema, o qual é depois implementado pela UNESCO nos países



aderentes à iniciativa. Na 74.^a Reunião Plenária da Assembleia Geral das Nações Unidas, em 20 de dezembro de 2017, foi proclamado 2019 como o *Ano Internacional da Tabela Periódica de Elementos Químicos (International Year of the Periodic Table of Chemical Elements – IYPT 2019)*. Com base nessa decisão, o IYPT foi aprovado pela 39.^a Conferência Geral da UNESCO. A cerimónia de abertura do IYPT decorreu em 29 de janeiro 2019, em Paris, e a cerimónia de encerramento realizou-se em 5 de dezembro, em Tóquio. Várias organizações científicas internacionais associaram-se formalmente a esta grande iniciativa (por exemplo, IUPAC - *International Union of Pure and Applied Chemistry*, EuChemS - *European Chemical Society*, ISC - *International Science Council*, IUHPST - *International Union of History and Philosophy of Science and Technology*) e, também, muitas organizações, associações e sociedades científicas em muitos países.

Um pouco por todo o mundo decorreram eventos comemorativos do IYPT, promovidos por instituições científicas e escolas (ensino básico, secundário e superior), de âmbito nacional, regional ou local. Muitas têm sido, também, as publicações dedicadas ao tema. Por exemplo, o dossiê temático (The periodic table) publicado em setembro de 2019 na *School Science Review*, apresenta uma coleção de onze artigos com informações muito interessantes e diversificadas. O editorial (Sosabowski, 2019, set) sistematiza os contributos dos artigos que constituem o dossiê, desde a história do desenvolvimento da Tabela Periódica, o papel de alguns elementos nos sistemas biológicos, elementos químicos usados em medicina e farmacologia, história da descoberta do hidrogénio por Cavendish e do descobridor do oxigénio, Joseph Priestley e, ainda, uma curta revisão de literatura sobre o ensino da Tabela Periódica, desde o ano 2000. No número seguinte da revista, publicado em dezembro de 2019, Sosabowski (2019, dez) organiza e apresenta novo dossiê com dez novos artigos sobre novos temas. Destacam-se novos elementos, descreve-se a toxicidade de alguns deles, nalguns casos muito elevada, e apresentam-se formatos diversos para a Tabela Periódica.

Mas, afinal, o que se comemora no IYPT 2019?

Recuemos 150 anos para situarmos esta comemoração. O ano de 1869 é considerado o ano da descoberta do Sistema Periódico / Lei Periódica, pelo químico russo Dmitri Yvanovich Mendeleev (1834-1907), tendo sido, então, publicada a primeira tabela de Mendeleev.

Através desta iniciativa, IYPT, a ONU pretende destacar o papel do conhecimento científico e, em particular, dos elementos químicos na compreensão do Planeta que habitamos, o caráter finito, em termos de sustentabilidade, de muitos recursos, se não existir consciência individual e coletiva de que a sua regeneração não é automática e, em muitos casos, nem sequer é possível.

Paralelamente, encontra-se a decorrer outra grande iniciativa da ONU, intitulada Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), cuja Agenda para o seu desenvolvimento, no período 2016-2030, pretende estabelecer quadros de ação que permitam aos cidadãos compreender grandes desafios sociais, ambientais, educativos, socioeconómicos, políticos e tecnocientíficos com que as sociedades se confrontam (United Nations, 2015). Sendo certo que a responsabilidade da minimização dos problemas não é a mesma para todos os cidadãos, é praticamente consensual que a educação e, em particular, a educação científica, terá sempre um papel muito



importante na compreensão dos mesmos. Encontrar formas de despertar interesse e motivação de todos para aumentar a sua cultura científica será, também, um objetivo de educadores e investigadores. Os “Anos Internacionais”, declarados pela ONU, são uma oportunidade para essa chamada de atenção.

Contextualização teórica

A educação científica, com vista à compreensão pública da ciência, será sempre uma tarefa inacabada para todos os cidadãos e é responsabilidade social das instituições e dos cientistas, contribuir, por diversos meios, para que tal seja possível de uma forma continuada. Divulgar a ciência faz hoje parte dos princípios partilhados pelas comunidades científicas em todos os países com forte desenvolvimento científico-tecnológico, sendo mesmo objeto de investigação conceber, implementar e avaliar formas de fazer comunicação pública da ciência. São muitas e múltiplas as formas de o fazer, desde o formato escrito, como livros em coleções dedicadas, revistas periódicas, “websites”, documentários e filmes, conferências e palestras, exposições temáticas até chegar a museus / centros de ciência. Um aspeto muito interessante e talvez o mais desafiador para os seus autores, é conseguir criar ambientes e produtos capazes de agradar e motivar públicos diversos. Entrar numa exposição de cariz científico e ‘ficar preso’, no todo ou em parte, àquilo com que se é confrontado é o maior desafio.

O papel do conhecimento científico na cultura dos cidadãos, a nível individual e coletivo, é hoje um dado inquestionável. E é claro para todos que a comunicação pública da ciência, nas suas múltiplas dimensões, pode e deve ser conduzida para além da escola e de uma forma acessível ao público não especialista. Se, de facto, quisermos alcançar um nível de compreensão pública da ciência que permita ao maior número de pessoas entender controvérsias científicas e acompanhar discussões que visam decisões de política científico-tecnológica, então há que investir na literacia científica individual. Os ambientes de aprendizagem não formal de ciências devem ser dados a conhecer e a usar, também no ensino formal, se se pretende promover o seu papel como uma via de educação científica do público, a par e para além da escola (UNESCO e ICSU, 1999; Martins e Alcântara, 2000). Uma forma de o fazer será através de exposições criteriosamente organizadas e tornadas acessíveis ao grande público.

O presente texto pretende dar a conhecer a exposição “*E se Mendeleev estivesse aqui?*”, patente ao público no Museu da Cidade de Aveiro (30 set – 20 out 2019) e no Pavilhão do Conhecimento, Lisboa (20 nov 2019 – 12 jan 2020). Através desta exposição pretendeu-se, partindo do conhecimento inicial da ligação de Mendeleev a Portugal (Malaquias, 2015), construir e disponibilizar, de forma apelativa, um discurso público que patenteasse informação sobre a Tabela Periódica de Elementos Químicos, numa perspetiva integrada que relevasse momentos especiais da história da ciência, entre os quais a descoberta de contactos de Mendeleev com Portugal, a origem dos elementos químicos, suas aplicações, fontes e sustentabilidade



do Planeta, bem como a importância do discurso interdisciplinar imanente, sobretudo, nas descobertas mais recentes de elementos químicos.

A Tabela Periódica, qual a sua importância?

A Tabela Periódica de Elementos Químicos é uma criação científica central na história da ciência, considerada tão importante como a Teoria da Gravitação proposta por Newton, em 1687, ou a Teoria da Evolução de Darwin, em 1859. No entanto, a Tabela Periódica não é uma teoria científica, nem um modelo. Trata-se de um «princípio organizativo que permitiu pôr a química na ordem» (Calado, 2019).

Enquanto instrumento estruturante do pensamento químico, a Tabela Periódica de Elementos Químicos é por muitos considerada um ícone da química, pela organização e predictabilidade de propriedades físicas e químicas, desconhecido de grande parte dos cidadãos, embora sendo um instrumento central da química enquanto ciência e das múltiplas interfaces desta com outras áreas do conhecimento científico, bem como com as tecnologias.

Os elementos químicos não são um assunto apenas para aulas de química, quase sempre reportados a nomenclatura e simbologia específica que muitos cidadãos, mesmo com formação académica, associam a aprendizagem de química, muitas vezes de forma pouco satisfatória. É preciso conhecer para se poder compreender, mas compreender implica muito mais do que conhecer. Aprender ciências faz hoje parte da educação obrigatória em todos os países, mas é muito diversificado o modo como se ensina e as finalidades dessa educação. A educação em ciências para todos, numa perspetiva humanista, deveria fazer parte das orientações curriculares de todos os países. A orientação CTS|CTSA para o ensino das ciências será sempre um contributo para proporcionar a todos os alunos uma visão da ciência como cultura e a corresponsabilidade de todos na construção de um futuro mais sustentável (Martins, 2019).

Embora para muitos cidadãos, o tema Tabela Periódica seja um assunto académico cuja correspondência com o mundo real é pouco perceptível, quando falamos em materiais e sua diversidade, sejam de origem natural, artificial ou sintética, todos reconhecerão a sua enorme importância para a sociedade.

Mas, de que são feitos tantos materiais diferentes, naturais e fabricados, sejam aqueles que já existem, sejam os que vierem a ser concebidos? Esta é a questão a que se procura dar resposta. Os elementos químicos naturais, isto é, aqueles que existem na natureza na forma nativa e aqueles que fazem parte de substâncias a partir das quais podem ser extraídos, são a base de todos os materiais, mas a sua distribuição na natureza não é uniforme (Figura 1). Na Tabela Periódica que se segue e foi objeto de publicitação no âmbito das comemorações do IYPT, e do alerta geral com o alcance dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, evidenciam-se graficamente os 90 elementos naturais na proporção da sua existência presente no nosso Planeta, quais os que se encontram em sério risco de esgotamento, os de disponibilidade limitada, os mais abundantes, os que estão ameaçados de esgotamento se não forem usados parcimoniosamente, os que integram dispositivos, como os telemóveis, considerados hoje como algo indispensável no dia-a-dia.

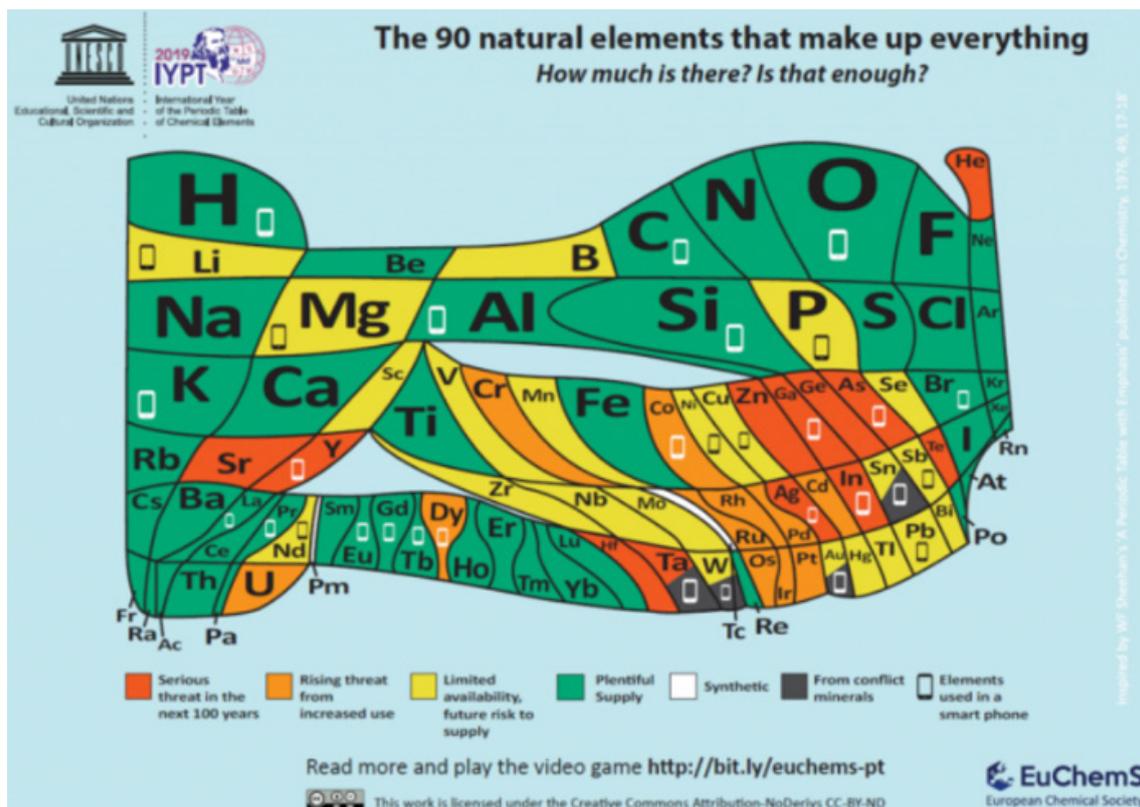


Figura 1: Tabela Periódica da Sustentabilidade (EuChemS, IYPT, 2019)

O problema com o esgotamento dos recursos é, na atualidade, um problema muito sério para o qual muitos autores e instituições vêm alertando (Vilches e Gil Pérez, 2003; Folch, 2012; Vilches, Macias e Gil Pérez, 2014). A primeira Cimeira da Terra organizada pelas Nações Unidas, Rio 1992, veio chamar a atenção mundial para o uso de muitos recursos a um ritmo superior à capacidade do Planeta os regenerar. Os recursos minerais estão entre aqueles que não são regeneráveis e, portanto, as fontes de muitos elementos químicos estarão seriamente comprometidas. Depois disso, e durante quase três décadas, muitos têm sido os movimentos, os programas de intervenção, os estudos e as propostas que, por todo o mundo, têm crescido e alertado responsáveis políticos e mentores de opinião. A *Ciência da Sustentabilidade* é uma nova área de conhecimento que integra campos de conhecimento distintos, todos eles ocupando-se do estudo de ações humanas que afetam a natureza. As ciências, e a química em particular, terão aí um contributo especial a dar (Vilches e Gil Pérez, 2013). É, pois, necessário promover uma educação científica formal e não formal que alerte para este paradigma.

A composição dos materiais, isto é, as suas “peças” constituintes, é um tema que tem ocupado a comunidade filosófica e científica há vários séculos. Já na Antiguidade se questionava



sobre quais seriam os elementos base de tantos materiais diferentes. Conheçam-se, então, nove elementos: sete metais (cobre, ferro, chumbo, prata, ouro, estanho e mercúrio) e também o carbono e o enxofre. Lavoisier terá trabalhado com menos de 30 elementos; Mendeleev concebeu a sua lei periódica e tabela a partir de 62 elementos. Desde 2010 conhecem-se 118, dos quais 90 existem na natureza, na forma simples ou combinados com outros, e os restantes 28 foram produzidos artificialmente, por processos nucleares. A demonstração da existência de isótopos (por Frederick Soddy, em 1903) revelou-se de enorme importância na evolução e descoberta dos elementos seguintes. Com efeito, os isótopos podem ser estáveis ou radioativos, de ocorrência natural ou obtidos artificialmente. Se o elemento químico é hoje caracterizado pelo seu número atómico, isto é, o número de prótons existente no núcleo do seu átomo (conceito estabelecido por Henry Moseley, em 1913), para produzir um novo elemento químico será necessário originar átomos com núcleos diferentes. Um dos processos usados utiliza o bombardeamento, entre si, de núcleos mais pequenos. Este processo é designado por reação, ou transformação, nuclear. Em geral, os átomos resultantes são muito instáveis, emitem radiação e têm um tempo de vida muito curto. Os atributos destes átomos instáveis em decomposição natural, conhecidos como 'radioisótopos', dão a esses átomos várias aplicações em muitos aspetos da vida moderna, entre as quais se destaca a medicina nuclear.

A medicina nuclear usa radiação para a esterilização de equipamentos médicos, geralmente cobalto-60 ou mais raramente célio-137 para exames de diagnóstico sobre o funcionamento de órgãos específicos, ou para tratar algumas doenças, especialmente o cancro (tratamento por radioterapia). O radioisótopo mais utilizado em diagnóstico (80% dos casos), principalmente do esqueleto e do músculo cardíaco, é o tecnécio-99. Não deixa de ser curioso recordar que o tecnécio, elemento cujas propriedades foram previstas por Mendeleev, chamou-lhe então "ekamanganese", foi muito difícil de obter, tendo o seu isótopo Tc-97 sido, em 1937, o primeiro elemento a ser produzido artificialmente. São também de destacar o iodo-131 no tratamento de cancro da tiroide, o irídio-192 no cancro da mama, e o iodo-125 ou o paládio-103 nos estádios iniciais do cancro da próstata.

Os elementos químicos artificiais, produzidos laboratorialmente, servem mais para comprovar princípios físicos sobre a constituição da matéria e a viabilidade da intervenção no núcleo do átomo, do que para gerar proveito da sua existência em termos de aplicações científico-tecnológicas.

Compreender a Tabela Periódica permite-nos identificar quais são as pedras-base de todos os materiais que se conhecem até ao momento. Essas pedras-base são os elementos químicos. Alguns deles são praticamente inertes do ponto de vista químico, por exemplo, os gases nobres. Outros são tão reativos que são necessárias condições especiais para o seu armazenamento na forma elementar, veja-se, por exemplo, os metais alcalinos. Pode ainda antever-se a possibilidade, ou a impossibilidade, de dois elementos químicos poderem combinar-se para formar uma determinada substância, através da sua localização na Tabela Periódica. E isto é possível à custa de outra ideia central em química: a ligação (química) entre átomos.

O século XIX foi o mais profícuo na sistematização de uma classificação dos elementos químicos e, também, na sua descoberta. No total, 48 novos elementos foram identificados.



Várias classificações para os elementos químicos, conhecidos em cada momento, começaram a surgir, propostas por vários homens de ciência: a lei das tríades de Dobereiner (1829), a lei das tríades de Gmelin (1847), a tabela de Odling (1864), a lei das oitavas de Newland (1865), a tabela de Hinrichs (1867), a tabela de Lothar Meyer (desenhada em 1868). Finalmente, Mendeleev apresenta na Academia Russa de Ciências, em 1869, a sua tabela e lei periódica, mediante a qual previa a existência de elementos desconhecidos então (por exemplo, o gálio e o germânio), o acontecimento de há 150 anos que se comemora neste Ano Internacional da Tabela Periódica, IYPT 2019. Outras versões, mais elaboradas pelo próprio Mendeleev, se seguiram, tendo este publicado cerca de trinta, deixando outras tantas em forma de manuscrito, em resultado da identificação de novos elementos químicos (Calado, 2019).

Os trabalhos de Mendeleev constituem um marco indelével na história da Ciência. A sua primeira tabela, publicada em 1869, ordenava segundo as suas propriedades os 62 elementos químicos conhecidos à data e antevia, para que essa classificação fizesse sentido, que haveria elementos a descobrir e que ocupariam “lugares vagos”. Esta previsão científica veio a confirmar-se com a descoberta de novos elementos algum tempo depois, permitindo, assim, a Mendeleev o reconhecimento da comunidade científica internacional no domínio da classificação periódica dos elementos químicos.

O IYTP celebra a Tabela Periódica e celebra, assim, Mendeleev. Mas os trabalhos científicos de Mendeleev foram muito além. O seu contributo para o desenvolvimento da indústria petroquímica russa foi enorme, sendo considerado o seu fundador. Foi ainda reconhecido como o químico mais enciclopédico de todos os tempos, pela amplitude da sua formação em muitos domínios da química (Calado, 2019).

Em 1955, o actínideo de número atómico 101, foi sintetizado na universidade de Berkeley pela equipa dirigida por Glenn T. Seaborg e Albert Ghiorso, bombardeando o einsténio-253 com partículas alfa (núcleos de átomos de hélio), obtendo-se o isótopo Md-256 (com meia-vida de 76 minutos). O elemento 101 foi o nono elemento transurânico a ser sintetizado e, em homenagem a Mendeleev, foi-lhe atribuído o nome de mendelévio (Md).

A exposição “E se Mendeleev estivesse aqui?”

A Universidade de Aveiro, a FÁBRICA Centro Ciência Viva e o American Corner da Universidade de Aveiro, pretenderam associar-se à comemoração do Ano Internacional da Tabela Periódica, concebendo e montando uma exposição original de divulgação científica para público diversificado: estudantes (vários níveis de ensino), professores e público em geral.

Conjugando conhecimentos, experiências de docência e de investigação, os organizadores pretendem promover, nos visitantes, conhecimento e gosto pela compreensão do que são os elementos químicos, a sua diversidade, as suas fontes no planeta Terra, algumas das suas aplicações em materiais e artefactos do quotidiano, bem como o seu carácter finito. Pretende-se também enquadrar a criação da Tabela Periódica na história da Ciência, dando relevo a descobertas científicas, personagens, instrumentos e artefactos científico-tecnoló-



gicos que permitiram a descoberta e a identificação dos elementos químicos, antes e depois de Mendeleev.

Objetivos da Exposição

- 1 – Contribuir para a promoção da cultura científica de todos os visitantes.
- 2 – Disponibilizar informação sobre os Elementos Químicos, numa perspetiva integrada: origem, aplicações, história da Ciência, organização e sustentabilidade do Planeta.
- 3 – Documentar professores do ensino básico e secundário com informações que lhes proporcionem uma visão sobre o ensino da Tabela Periódica numa perspetiva CTS|CTSA.

A exposição compreende:

(1) Um friso cronológico sistematizando etapas relevantes da História da Ciência sobre a descoberta dos elementos químicos de origem natural, bem como dos produzidos artificialmente, em laboratório. Após o tremendo desastre resultante do lançamento das bombas atómicas de Hiroshima e Nagasáqui (agosto de 1945), lançava-se o desafio de se produzirem átomos, por via artificial, de que resultassem aplicações benéficas para a Humanidade. Em 1952, Eisenhower lançou um plano para o uso pacífico da energia nuclear, o programa “Átomos para a Paz”, sob a dependência das Nações Unidas. Nesse contexto, criaram-se ainda o University of California Radiation Laboratory at Livermore (1952), em Livermore, EUA, originalmente uma ramificação do Radiation Laboratory de Berkeley (1928), dirigido por Ernest O. Lawrence, posteriormente designado Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL); o Joint Institute for Nuclear Research (JINR), em Dubna (1952), arredores de Moscovo, URSS / Rússia. No final da década seguinte, afirmou-se também o Gesellschaft für Schwerionenforschung Centre for Heavy Ion Research (GSI), em Darmstadt (1969), Alemanha.

Neste friso cronológico, e para que esta compreensão seja possível, destacam-se, acontecimentos e o trabalho de muitos cientistas (físicos e químicos) que se instituíram como marcos até ao conhecimento atual do que se conhece sobre a própria evolução dos elementos químicos após os trabalhos de Mendeleev. O conteúdo do friso cronológico apresentado foi concebido a partir de pesquisa de fontes bibliográficas e está organizado em duas grandes secções. Uma secção superior, onde se destacam factos da história da Ciência relevantes para o conhecimento, construção e evolução do conceito de elemento químico, na extensão temporal que vai da Antiguidade aos nossos dias, dividida em períodos seculares, e uma parte inferior onde se assinalam, em alinhamento vertical, os elementos químicos identificados e respetivas datas de descoberta. Por acompanhamento do friso é possível, para cada acontecimento científico, visualizar os elementos químicos conhecidos e identificados até essa data. Por exemplo, é possível averiguar quais os elementos químicos conhecidos quando Mendeleev apresentou a sua primeira Tabela Periódica, em 1869. O friso cronológico apresenta-se numa extensão de 7,00 m de comprimento e 2,20 m de altura (Figura 2).

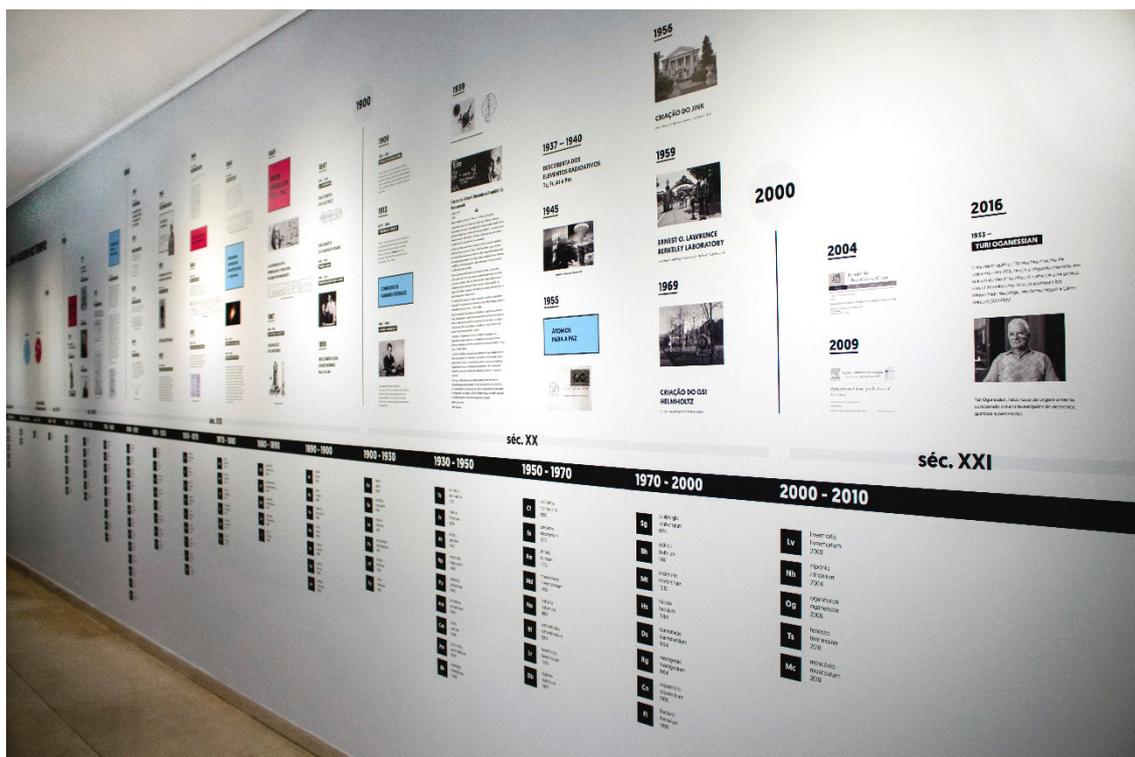


Figura 2: Vista panorâmica do friso cronológico, na Exposição patente no Museu da Cidade de Aveiro

(2) Uma carta de Mendeleev dirigida, em fevereiro de 1904, a um cientista português, Baltazar Ozório, sobre experiências que este tinha em curso e lhe apresentara, a anomalia iodo – telúrio, quanto ao peso atômico. Esta carta representa a única prova conhecida do contacto de Mendeleev com Portugal e é o *ex-libris* desta exposição de que resulta o título da mesma: “*E se Mendeleev estivesse aqui?*”. Apresenta-se, em módulo apropriado, cópia da referida carta manuscrita por Mendeleev em tamanho natural e em projeção móvel 3D, permitindo não só a leitura da mesma como também a apreciação da cordialidade de Mendeleev para com o seu interlocutor português. Para o público visitante desta exposição, uma questão evidente que pode surgir, e neste contexto de ciência, é perguntar-se que conexão/conexões é possível estabelecer com Portugal e a sua comunidade científica de então. Esta presença de cópia da única carta conhecida de Mendeleev para Lisboa, pretende satisfazer precisamente esse questionamento e chamar também a atenção para o que se fazia ao tempo no nosso país e ainda para o muito que poderá ser descoberto quando se fazem pesquisas de carácter histórico no campo da própria ciência. Realça-se ainda, a propósito da presença deste módulo na exposição, a utilização da língua francesa como veículo internacional, à época, da escrita científica. O original da carta encontra-se no Arquivo Histórico dos Museus da Universidade de Lisboa, Museu Nacional de História Natural e da Ciência (Malaquias, 2015).



(3) Quadros-gráficos relativos à distribuição dos elementos químicos mais abundantes na atmosfera, na água do mar, na crosta terrestre e no corpo humano. Nesta seleção de quatro situações, apresentam-se os oito elementos químicos mais abundantes, tendo em consideração as suas percentagens relativas, mediante uma apresentação gráfica julgada adequada à sua perceção por parte do público.

(4) Um expositor 3D e iluminado, de grande dimensão (comprimento 5,70 m; altura 2,15 m), em formato de Tabela Periódica atual, concebido e construído expressamente para esta exposição. Cada elemento químico está identificado por um cubo em acrílico transparente, no lugar correspondente na Tabela Periódica. Na face externa está indicado o nome (português e inglês), o símbolo químico e o número atómico, de acordo com as últimas regras da IUPAC. Dentro de cada cubo existe, para os elementos químicos naturais, um frasco contendo uma amostra da substância elementar em questão e uma amostra de mineral, fonte natural do elemento químico correspondente. Esta associação pretende evidenciar esta ligação a minerais que são usados para a extração do elemento químico e potenciar a compreensão pública de que recursos naturais podemos estar a fazer referência, para além de espelhar relações interdisciplinares nem sempre óbvias para o público em geral. Em geral, os minerais têm vários elementos químicos e a sua extração, quando ocorre, acontece para vários deles. Por exemplo, neste expositor, o mineral molibdenite pode ser fonte do elemento molibdénio (Mo 42) e do elemento rénio (Re 75). O mineral zircão pode ser fonte de zircónio (Zr 40) e de háfnio (Hf 72).



Figura 3: Expositor 3D da Tabela Periódica, no Pavilhão do Conhecimento em Lisboa



(5) Um quadro interativo que permite aceder a informações sobre os elementos, tais como a sua origem (natural ou artificial), a data da descoberta, o seu descobridor / descobridores, o processo usado nessa descoberta ou identificação, artefactos e aplicações.

(6) Alguns instrumentos científicos (de física e química) alusivos à investigação no âmbito da estrutura da matéria, pertencentes às coleções existentes nos Departamentos de Física e de Química da Universidade de Aveiro. Expõem-se também originais de livros publicados no século XVIII, propriedade particular.

Nos instrumentos destacam-se: “Ampola de Crookes para observação da deflexão de feixe de eletrões”, concebida inicialmente por William Crookes (1836 – 1919); “Tubo de raios catódicos”, de J. J. Thomson (1856 – 1940); “Espectroscópio de Kirchhoff-Bunsen”, análogo às primitivas versões que permitiram a descoberta de vários elementos por análise dos respetivos espetros de emissão; registou-se a descoberta espectroscópica do hélio no Sol antes mesmo de ser identificada a sua presença na Terra; “Bico de Mecker”, um dos bicos de gás de uso laboratorial que permitiu a caracterização de vários elementos químicos, a partir da sua vaporização e excitação e consequente obtenção dos respetivos espetros de emissão.

Para além da presença destes instrumentos escolheram-se três obras de referência, de coleção particular, relacionadas com o surgimento da química nova dita lavoisieriana ou química do oxigénio. A química nova teve um maior impacto sobretudo pelo papel organizativo e racional que a nomenclatura química estabelecida, por Guyton de Morveau, Lavoisier, Bertholet e Fourcroy, veio a desempenhar após a publicação, em 1787 e em Paris, da sua obra intitulada *Méthode de nomenclature chimique* (Morveau et al., 1787). A obra apresentada ao público é uma edição exclusiva, fac-similada, produzida em 1991 pela Petrogal, s.a.. Como A. M. Nunes dos Santos refere na Nota de Apresentação “Deve salientar-se que a construção da nomenclatura e a sua aprendizagem era dependente da aceitação simultânea de uma nova representação conceptual e de uma teoria da combinação química”.

A obra seguinte apresentada é um original, primeira edição, do *Traité Élémentaire de Chimie* de Lavoisier, publicado em 1789 (Lavoisier, 1789). A importância desta obra é conhecida, ressaltando-se a exposição de Lavoisier dos princípios da sua classificação dos elementos químicos, que identifica com a substância simples, e estabelece em cinco classes, identificando, na primeira, os cinco elementos que mais se aproximam do estado de simplicidade: a luz, o calórico, o oxigénio, o hidrogénio, o azoto, que encabeçam o “Tableau des Substances Simples”, seguindo-se a especificação das restantes classes de substâncias simples (bases acidificáveis, substâncias metálicas, terras e álcalis). As designações de algumas dessas substâncias simples tiveram nomes sugeridos por Lavoisier, por exemplo, oxigénio (“gerador de ácidos”, em grego), azoto (“sem vida”, em grego), designado, em 1790, por Chaptal, nitrogénio. Nesta obra, Lavoisier apresenta uma visão unificada das novas teorias da Química, nega a existência do flogisto e enuncia a Lei da Conservação da Massa.

A terceira obra exposta é contemporânea das anteriores e com ela pretendeu-se satisfazer um pouco à questão de saber como é que, em finais do século XVIII, Portugal se perspectivava em termos de química e do seu ensino, pois frequentemente este período apresenta-se a público quase exclusivamente como de relevância francesa, eventualmente um pouco inglesa. As perife-



rias são pouco referidas, mas neste caso quis-se deixar o apontamento de algo importante e de contexto lusitano. Trata-se de um exemplar da primeira edição da obra *Elementos de Chimica*, impressa em Coimbra, na Real Oficina da Universidade, em 1788 (Parte I) e em 1790 (Parte II), escrita por Vicente Coelho de Seabra (Seabra, 1788 e 1790). O relevo advém de se tratar de um compêndio de química que segue as modernas teorias lavoisierianas, publicada a primeira parte um ano antes do referido *Traité Élémentaire de Chimie*, de Lavoisier, que se acabou de referir. Vicente Coelho da Silva Seabra e Telles (1764 – 1804), nasceu no Brasil e, em 1783, veio para Coimbra, universidade onde concluiu o grau de bacharel em filosofia e em matemática (1786), formando-se a seguir em medicina (1791). Foi demonstrador de Química e Metalurgia na recém-criada Faculdade de Filosofia (1772), tendo obtido o grau de doutor em Filosofia. Ofereceu o seu compêndio à Sociedade Literária do Rio de Janeiro “para o uso do seu curso de Chimica”.

O reconhecimento do seu mérito científico levou-o à Academia das Ciências de Lisboa, da qual foi nomeado sócio efetivo em 1798. Foi um dos primeiros introdutores e difusores da nomenclatura e da química do oxigénio em Portugal.

Em 1985, em comemoração da passagem do segundo centenário da publicação do texto original, o Departamento de Química, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade de Coimbra, publicou uma reprodução fac-similada dos *Elementos de Chimica*. No prefácio desta edição, A. J. Andrade de Gouveia realça o trabalho científico de Coelho Seabra, o seu contributo para a ciência química do seu tempo, o envolvimento na discussão de temas científicos controversos, evidenciando o interesse e envolvimento de alguns homens de ciência portugueses na “Revolução Química”, conduzida entre 1770 e 1800 (Seabra, 1985).

7) Escolheram-se ainda algumas frases de homens de ciência que, para o contexto desta exposição, destacaram aspetos importantes do conceito que se veio a construir de elemento químico, bem como da relevância de algumas descobertas que o estudo dos elementos químicos veio a estabelecer, como a descoberta de que as estrelas são feitas de átomos do mesmo tipo que os da Terra, permitindo consciencializar que as ciências contêm no seu percurso de construção muitas facetas de fertilização cruzada, o que se torna um ponto de interesse para a formação cultural de um público que frequentemente se refere às ciências como entidades estanques. Destacaram-se, para este efeito, Robert Boyle (1627 – 1691), Guyton e Morveau (1737 – 1816), John Dalton (1766 – 1844) e Richard Feynman (1918 – 1988). Nesta perspetiva, a introdução destes painéis, na exposição, visa contribuir para essa visão mais alargada do que foi, é e continuará a ser o fazer ciência, em cada época e circunstância.

A construção da exposição contou ainda com a participação de desenhadores gráficos e de especialistas em programação em quadros interativos.

A exploração da exposição permite a utilização de percursos diversos, consoante o gosto e o interesse do visitante, bem como o nível de aprofundamento da temática que deseja fazer. No caso de alunos acompanhados pelos seus professores, e consoante o nível de escolaridade, o professor poderá recomendar um ou outro olhar, quer relativamente a temas da história da Ciência, quer quanto ao aspeto macroscópico das substâncias elementares. Poderão também apreciar amostras de minerais onde o elemento em causa existe, constatar que um dado mineral pode ser fonte de vários elementos, ou mesmo, nalguns casos, observar o elemento nativo.



Conclusões

Sistematizando alguns factos sobre a Tabela Periódica, pode salientar-se: (1) Existem 118 elementos confirmados, dos quais 95 são, ou presume-se que sejam, metais. Os restantes 23 são metaloides (sete) ou não-metais (16); (2) **À temperatura ambiente (25 °C), 86 são sólidos, dois são líquidos**, 11 são gasosos e para 19 não é possível conhecer a fase em que se encontram. Dois dos sólidos passam a líquido abaixo dos 30 °C: o gálio (ponto de fusão 29,76 °C) e o céσιο (ponto de fusão 28,44 °C).

Através da exposição “*E se Mendeleev estivesse aqui?*” podemos compreender que as aprendizagens em química necessitam de contextualização e da compreensão cruzada de múltiplos saberes, classicamente ‘arrumados’ em disciplinas específicas. Com efeito, saber química é muito mais do que saber simbologia e nomenclatura. É certo que isso nos permite aceder a novas fontes de conhecimento, mas não basta. É preciso combinar conhecimentos de diversas áreas para compreender a complexidade do mundo natural ou construído, bem como a finitude dos recursos existentes.

A variedade de materiais existentes, assim como a dos que virão a existir, resulta da combinação dos elementos químicos naturais. Mas, como muitas reações químicas são irreversíveis, **há elementos químicos que se vão esgotando, isto é, deixam de estar disponíveis para constituírem outros materiais.**

O IYPT constituiu uma oportunidade para, através desta exposição, se refletir e dar a conhecer a públicos diversificados muitos aspetos do percurso histórico e diversidade de intervenientes que, ao longo da História da Ciência, contribuíram para a construção do conceito de elemento químico, a existência de contacto de Mendeleev com Portugal, a descoberta de todos os elementos que hoje se conhecem, alguns marcos importantes para o conhecimento atual e, também, sobre tendências e perspetivas mundiais sobre a ciência para o desenvolvimento sustentável. Estima-se que dentro de 100 anos se esgotarão as reservas de zinco, gálio, germânio, arsénio, prata, telúrio e háfnio, se nada for alterado no ritmo do seu consumo (EuChemS, IYPT, 2019).

A Tabela Periódica de Elementos Químicos é muito mais do que um guia ou um catálogo dos elementos conhecidos (atualmente 118), é uma “janela” por onde se pode olhar o Universo e expandir o nosso conhecimento sobre o mundo.

Tal como está salientado na exposição no Pavilhão do Conhecimento, Lisboa, (<http://www.cienciaviva.pt/tabelaperiodica/#exposicao-tabela-periodica>) a Tabela Periódica é intitulada, em linguagem metafórica, “O mundo todo cabe aqui!” (Figura 3).

Esta exposição foi uma oportunidade para milhares de visitantes poderem incrementar o seu conhecimento, de acordo com o quarto Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS 4). Mais ainda, o conhecimento sobre a finitude dos recursos naturais não renováveis será um contributo para o ODS 12, no que respeita a cada cidadão, individual e coletivamente, ser capaz de perseguir padrões de consumo sustentáveis.

Partilhamos o pensamento de José Mariano Gago (1990) quando, há trinta anos atrás, defendia que sem cultura científica mínima são escassas as oportunidades de cidadania autêntica, de construir ou participar nas escolhas da sociedade.



Saber distinguir ciência de pseudociência e ciência de não-ciência, é fundamental para o desenvolvimento de cada país. Conhecer ideias-chave do pensamento científico que estão por detrás da conceção da Tabela Periódica é de importância central para a compreensão dos limites do Planeta Terra na geração de recursos não renováveis.

Agradecimentos

À FÁBRICA Centro Ciência Viva de Aveiro, em especial a Pedro Pombo, Gaëlle Pillault e Jorge Costa; ao American Corner da Universidade de Aveiro; ao CICECO; aos Departamentos de Física, de Química, de Geociências, em particular a Nuno Durães, e de Educação e Psicologia; à TekenBio; ao Museu da Cidade de Aveiro; e ao Pavilhão do Conhecimento, em especial a Rosalia Vargas.

Referências

- Calado, J. (2019). A química comanda a vida. *E – A Revista do Expresso*. Edição 2416, 16 fevereiro, 26-33.
- EuChemS, IYPT (2019). *The 90 natural elements that make up everything. How much is there? Is that enough?* <https://news.images.itv.com/image/file/1748744/39cef752-10d3-4bd0-aa1d-90fe505e0a96-640x452.png>
- Folch, R. (2012). *Ambiente, emoción y ética. La cultura de la sostenibilidad*. Barcelona: RBA Libros.
- Gago, J. M. (1990). *Manifesto para a Ciência em Portugal*. Lisboa: Gradiva.
- Malaquias, I. (2015). Echoes from the reception of periodic classification in Portugal, in Masanori Kaji, Helge Kragh, Gabor Pallo (Eds.) *Early Responses to the Periodic System* (pp. 240-261). USA: Oxford University Press.
- Martins, I. P. (2019). Ciência, educação e cidadania. *Boletim da AIA-CTS*, 9, Editorial, 1-4.
- Martins, I. P. & Alcântara, F. (2000). Intercompreensão na educação formal e não formal em Ciências – O desafio actual. *Intercompreensão – Revista de Didáctica das Línguas*, 8, 9-22.
- Lavoisier, A. L. (1789). *Traité Élémentaire de Chimie*. Paris: chez Cuchet, libraire. Sous le privilège de l'Académie des sciences & de la Société royale de médecine.
- Morveau, G., Lavoisier, Bertholet, & de Fourcroy (1787). *Nomenclature Chimique. Mémoire*. Paris: chez Cuchet, libraire. Sous le Privilège de l'Académie des Sciences. Edição exclusiva de Petrogal, s.a.
- Seabra, V. C. (1788 e 1790). *Elementos de Chimica*. Parte I (1788), Parte II (1790). Coimbra: Real Officina da Universidade.
- Seabra, V. C. (1985). *Elementos de Chimica. Reprodução Fac-Similada da edição Impressa em Coimbra, na Real Officina da Universidade em 1788 (Parte I) e 1790 (Parte II)*. Coimbra: Universidade de Coimbra, Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Sosabowski, M. H. (2019). The periodic table. *School Science Review*. 101(374), 31-32; 101 (375), 45-46.
- UNESCO & ICSU (1999). *Ciência para o Século XXI – Um novo Compromisso*. Paris: UNESCO.
- United Nations (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/RES/70/1 (file:///C:/Users/user/Desktop/Agenda_Sustainable_Development.pdf)



desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 1
Educación CTSA
para el logro de los
Objetivos de Desarrollo
Sostenible (ODS)

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
<https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21673>

ISSN: 1647-3582

- Vilches, A., & Gil Pérez, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.
- Vilches, A., & Gil Pérez, D. (2013). Ciencia de la Sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la Química y la Educación Química están contribuyendo. *Educación Química*, 24(2), 199-206.
- Vilches, A., Macías, O., & Gil Pérez, D. (2014). La transición a la sostenibilidad: un desafío urgente para la ciencia, la educación y la acción ciudadana. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI.