

RADIOISÓTOPOS E SOCIEDADE: O LEGADO DE MARIE CURIE 100 ANOS DEPOIS

JOÃO PAULO ANDRÉ* E ARSÉNIO DE SÁ

No ano em que se comemoram o centenário da atribuição do Prémio Nobel da Química a Marie Curie e o Ano Internacional da Química, é oportuno recordar e analisar a herança deixada à Humanidade por esta cientista excepcional. Trata-se de um legado que não só revolucionou a ciência como igualmente teve impactos profundos e incontornáveis na sociedade. A aplicação clínica dos radioisótopos, preconizada por ela e por Pierre Curie, constitui uma das armas mais poderosas, actualmente disponíveis, para o combate ao cancro.

AS DESCOBERTAS

Em 1896 Henri Becquerel descobriu as *radiações urânicas*, emitidas pelos sais de urânio [1]. Dois anos mais tarde, quando já se preparava para abandonar o estudo desses raios misteriosos, uma jovem polaca, Marie Skłodowska Curie (1867-1934), decide empreender ela própria essa investigação. Seria esse o tema da sua tese de doutoramento. Para o efeito, inicia um estudo sistemático de vários minérios e sais de urânio, entre os quais a pecheblenda (minério que tem como principal constituinte o óxido de urânio(IV)) e a torbernite (maioritariamente fosfato hidratado de urânio e cobre).

Cedo Marie Curie verificou que a pecheblenda era quatro vezes mais activa que o próprio urânio, e a torbernite duas vezes mais [2]. Conclui que, a serem válidos os seus resultados que relacionavam a quantidade de urânio com a actividade emitida, esses dois minérios deveriam então conter pequenas quantidades de outras substâncias bem mais activas que o próprio urânio. Decide assim concentrar a sua investigação na pecheblenda.

Pierre Curie (1859-1906) passa a colaborar com a esposa, medindo a radiação emitida pelas sucessivas

fracções que Marie arduamente ia extraindo e isolando da pecheblenda. Para o efeito, Pierre utilizou um electrómetro piezoeléctrico de precisão que ele próprio e o seu irmão Jacques tinham inventado uns anos antes (o *electrómetro Curie*). Este aparelho permitia medir as correntes eléctricas extremamente fracas que atravessavam o ar ionizado pelo urânio e pelos seus compostos. Assim, em 1898, os Curie chegaram à descoberta de dois novos elementos emissores de radiação análoga à do urânio, mas muito mais intensa: o polónio e o rádio [2-4]. Marie Curie foi quem utilizou pela primeira vez a palavra *radioactividade* para designar a propriedade de emissão desses elementos (Figura 1).

A Academia Sueca das Ciências atribuiu o Prémio Nobel da Física a Henri Becquerel, Pierre Curie e Marie Curie em 1903. Ao primeiro dos cientistas foi reconhecida a descoberta da radioactividade natural, e ao casal Curie foram reconhecidos “os extraordinários serviços que prestaram com a sua investigação conjunta sobre os fenómenos da radiação descoberta pelo Professor Henri Becquerel” [5]. No discurso do Prémio Nobel, Pierre Curie refere que “O trabalho de um largo número de físicos (Meyer e Schweidler, Giesel, Becquerel, P. Curie, Mme. Curie, Rutherford, Villard, etc.) mostra que as substâncias radioactivas podem emitir radiação de três diferentes tipos, que Rutherford

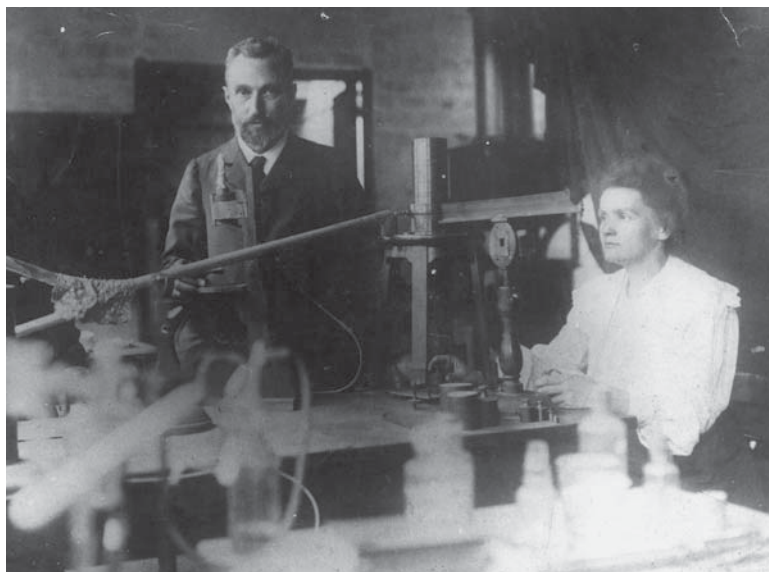


Figura 1 - Marie e Pierre Curie em 1898, no anexo onde funcionava o laboratório onde descobriram o polónio e o rádio, na Escola de Física e Química Industrial de Paris (imagem gentilmente cedida pelo Museu Curie de Paris)

* Departamento/Centro de Química, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga
E-mail: jandre@quimica.uminho.pt

designou por raios alfa, beta e gama. Eles diferem uns dos outros; sob a acção de um campo magnético e de um campo eléctrico os raios alfa e beta alteram as suas trajectórias.” [6].

Em 1910, Marie Curie, viúva há quatro anos (Pierre morreu por atropelamento), e André-Louis Debierne conseguem isolar o rádio metálico puro, por electrólise de uma solução de cloreto de rádio e destilação sob uma atmosfera de hidrogénio [7]. Anteriormente só tinha conseguido obter o cloreto de rádio.

No ano seguinte, Marie Curie foi galardoada com o Prémio Nobel da Química “em reconhecimento pelos seus serviços para o avanço da Química, pela descoberta dos elementos rádio e polónio, pelo isolamento do rádio, e pelo estudo deste elemento notável e dos seus compostos” [8] (Figura 2).

O trabalho empreendido durante anos foi admirável: em sete toneladas de pecheblenda existe somente cerca de 1 grama de rádio. Esta proporção permitirá avaliar o esforço, a persistência e a dedicação necessários para levar a bom porto tamanha tarefa: o tratamento das enormes quantidades de minério necessário, a análise química das suas fracções segundo o esquema clássico da análise qualitativa de Fresenius, e a medição da actividade destas [9].

UM NOVO MUNDO

O trabalho de Marie e Pierre Curie esteve na génese de uma mudança

radical nos mundos dos séculos XX e XXI. Sob o ponto de vista conceptual, poder-se-á dizer que o grande rasgo intelectual de Marie Curie foi o ter concluído que a emissão de radiação por compostos radioactivos não dependia do modo como os átomos se ligavam, mas sim do próprio interior dos átomos.

Entretanto, os estudos de Frederick Soddy tinham conduzido às séries de desintegração e à identificação das emanações gasosas do rádio e do tório.

Não se compreendendo bem porquê, o grande sonho alquímico parecia ser afinal uma realidade: os elementos químicos podiam transmutar-se! Iniciava-se uma nova era, mas a física clássica começava a revelar as suas limitações: o fenómeno da radioactividade parecia colocar em causa o princípio da conservação da energia! O rádio e os seus compostos libertavam um calor que parecia interminável. De onde viria essa energia *inesgotável*? Só com o advento da mecânica quântica, iniciada em 1900 por Max Planck, é que viria a ser possível compreender verdadeiramente a natureza do novo fenómeno. No artigo publicado em 1905 [10], Albert Einstein revelava ao mundo a equação $E = mc^2$, que permitia finalmente entender de onde provinha tanta energia dos átomos.

A nível experimental, a descoberta do rádio forneceu a Ernest Rutherford a fonte de radiação alfa de que necessitou para a famosa experiência de irradiação da folha de ouro, que esteve na génese do seu modelo atómico.

Não foi só no domínio da ciência que a descoberta da radioactividade e dos novos elementos radioactivos teve repercussões. Como mulher cientista, facto inédito para a época, Marie Curie teve de transpor inúmeras barreiras e tabus, impostos pelas convenções do tempo. A emancipação e a independência desta mulher polaca da classe média colocaram-na à frente do seu tempo. Poder-se-á dizer, sem margem para erro, que muitas mulheres das gerações que se seguiram foram motivadas e inspiradas por ela. É por vezes mesmo referido o seu papel de precursora do movimento feminista [11].

A dedicação com que Marie Curie trabalhou ao longo da vida, completamente isenta de quaisquer interesses materiais, também já é lendária. Após ter descoberto o processo de isolamento do rádio metálico foi aconselhada a patenteá-lo, mas recusou sempre determinantemente essa possibilidade, convicta de que o rádio não lhe pertencia; pertencia sim à Humanidade. Cumpria-se assim o seu antigo sonho e o de Pierre, que já vinha dos tempos de namoro (“Seria algo muito bonito, coisa que não me atrevo a desejar, se pudéssemos passar a nossa vida juntos, sob o efeito hipnotizador dos nossos sonhos: o teu sonho patriótico, o nosso sonho humanitário e o nosso sonho científico”; carta de Pierre a Marie em 10 de Agosto de 1894) [12].

Uma outra área onde as influências da descoberta do fenómeno da radioactividade se fizeram também sentir, provavelmente de forma menos óbvia, foi a Arte. Esta passou progressivamente a abandonar o figurativo e a orientar-se para o “invisível”. O pintor Wassily Kandinsky, um dos pioneiros do abstraccionismo (Figura 3), ficou profundamente impressionado com o tema da radioactividade; chegou mesmo a referi-lo nas suas notas autobiográficas [13].

O RÁDIO E A MEDICINA

A medicina terá sido um dos domínios da sociedade que mais beneficiou da descoberta da radioactividade e dos isótopos radioactivos.



Figura 2 - Pormenor do diploma do Prémio Nobel da Química de Marie Curie, onde se encontra representado o valor da massa atómica do rádio por ela determinado, 226.4 (um Quadro Periódico actual indica 226.0254)



Figura 3 - Composição VII, obra de Wassily Kandinsky de 1913 (Galeria Tretyakov, Moscovo)

Ao anoitecer, Pierre Curie gostava de mostrar aos amigos um pequeno frasco contendo cloreto de rádio que, para êxtase de todos, luminescia na escuridão em belos tons de azul esverdeado (o rádio foi utilizado no fabrico de tinta luminescente para mostradores de relógios e instrumentos de medição até aos anos 20 do século XX). Quando Pierre exibia o frasco de cloreto de rádio, tinha dificuldade em o segurar, por este lhe queimar os dedos. Ele próprio provocou voluntariamente uma ferida no seu braço, por exposição durante 10 horas ao cloreto de rádio; ao fim de 52 dias a lesão não estava ainda totalmente cicatrizada [14]. Se o rádio tinha esse poder de destruir os tecidos sãos, porque não usá-lo então para destruir tumores?

O rádio é um emissor de partículas alfa (núcleos de átomos de hélio), partículas beta (electrões) e radiação gama. É um elemento que não possui isótopos estáveis. O ^{226}Ra é o radioisótopo mais abundante (resultante do decaimento do ^{238}U), com um período de meia vida ($t_{1/2}$) de 1602 anos. O principal radioisótopo proveniente do seu decaimento é o radon (^{222}Rn), também ele usado inicialmente para aplicações terapêuticas. Até hoje foram já identificados 33 isótopos do rádio, com números de massa entre 202 e 234.

Os cadernos de laboratório e o livro de cozinha de Marie Curie encontram-se ainda altamente radioactivos. A consulta dos cadernos de laboratório,

guardados em caixas de chumbo na *Bibliothèque Nationale*, requer uma autorização especial, mediante a assinatura de um termo de responsabilidade.

Em homenagem ao trabalho de Marie e Pierre Curie, designou-se por curie (símbolo Ci) uma das unidades existentes para radioactividade. Um curie equivale aproximadamente à actividade de um grama de ^{226}Ra .

Em 1914, quando Marie Curie iniciava a direcção de um dos departamentos do Instituto do Rádio (hoje Instituto Curie), irrompe a 1ª Guerra Mundial. Desde o primeiro instante Marie Curie moveu influências para que fossem equipadas ambulâncias com equipamentos de raios X, que assim pode-

riam funcionar como postos móveis de radiografia (Figura 4). Em 1914, Marie e a sua filha de 17 anos, Irène, deslocaram-se pela primeira vez à frente de batalha numa dessas viaturas (Figura 5). Durante a guerra, Marie Curie treinou jovens mulheres nas técnicas de utilização dos raios X e chegou a dar aulas de geometria elementar a médicos. Com a colaboração dos serviços militares de saúde, Marie Curie dotou vários hospitais com *tubos de emissão de rádio*, um gás radioactivo incolor, mais tarde identificado como sendo o ^{222}Rn , para tratamento dos soldados feridos. Marie Curie forneceu ela própria o rádio, obtido a partir do material por ela purificado [12]. Outro gesto humano notável foi o ter doado as medalhas de ouro dos Prémios Nobel para ajudar a suportar os esforços de guerra.

Durante a sua primeira visita aos Estados Unidos da América, em 1921, onde foi recebida triunfalmente, foi-lhe oferecido um grama de rádio, adquirido por uma subscrição pública realizada pelas mulheres americanas. Com a perspectiva da utilização clínica do rádio, este metal tinha começado a ser produzido em larga escala em unidades industriais nos EUA. De acordo com o seu ideal humanista, Marie Curie forneceu gratuitamente à indústria a descrição do processo da sua obtenção.

As primeiras aplicações terapêuticas sistemáticas do rádio (que chegou



Figura 4 - Marie Curie em Outubro de 1917, ao volante de uma *petite Curie*, nome por que eram popularmente conhecidas as viaturas que funcionavam como unidades móveis de radiografia (imagem gentilmente cedida pelo Museu Curie de Paris)

a ser usado como aditivo em pastas dentífricas, cremes para o cabelo e ... alimentos!) consistiram na utilização de contentores metálicos selados, contendo sais deste elemento, que eram colocados junto ao tumor (braquiterapia ou radioterapia interna). Foi usada no tratamento do cancro da mama e da pele e, principalmente,

no tratamento do cancro do colo do útero; procedimento que se prolongou até aos anos 70 do século XX [14]. A técnica ainda é utilizada em vários tipos de tumores, contudo, actualmente consegue-se uma distribuição optimizada da dose de radiação. A colocação de rádio no interior de agulhas, que eram posteriormente inseridas na

boca, lábios e outras partes do corpo, foi igualmente uma técnica posta em prática. A aplicação de pequeníssimas quantidades de rádio sobre o tumor, permitindo minimizar a exposição do paciente à radiação, revelou-se uma prática eficaz, tendo este método dado origem à radioterapia oncológica [15].



Figura 5 - Marie Curie e a filha Irène em 1915, no Hospital de Hoogstade, na Bélgica (imagem gentilmente cedida pelo Museu Curie de Paris)



Figura 6 - Marie Curie no seu gabinete no Instituto do Rádio de Paris (imagem gentilmente cedida pelo Museu Curie de Paris)

Os sucessos da aplicação medicinal do rádio levaram ao aparecimento de vários institutos do rádio por todo o mundo (Paris, Estocolmo, Varsóvia, ...). A influência de Marie Curie para esta acção foi fundamental (Figura 6).

RADIOTERAPIA E RADIODIAGNÓSTICO

A definição do conceito de *dose de radiação*, por Rolf Sievert em 1928, permitiu aumentar a taxa de sucesso no combate ao cancro. Este conceito tem em consideração os efeitos biológicos produzidos pela radiação. Os desenvolvimentos posteriores da dosimetria tornaram possível a utilização de emissores de radiação gama de energia muito elevada, obtidos a partir dos produtos da cisão nuclear e/ou de reacções nucleares, permitindo reduzir drasticamente o tempo de irradiação do paciente. Para um tratamento oncológico eficaz com emissores gama, como o ^{60}Co , ou com partículas beta, é fundamental uma dosimetria de precisão. A optimização da irradiação de um tumor permite que a maior parte da radiação planeada atinja o tumor, minimizando a irradiação dos tecidos sãos [15]. As técnicas actuais de imagem tridimensional, como a tomografia axial computadorizada (TAC) e a imagem de ressonância magnética (IRM) permitem uma irradiação ainda mais optimizada. As técnicas de radiocirurgia de irradiação tridimensional, tal como a radiocirurgia estereotáxica (*gamma knife* - desenvolvida por Lars Leksell em 1967), são processos de tratamento não invasivo, muito eficazes para certos tipos de tumores e metástases [16]. A terapia com feixes de prótons constitui um avanço também recente. Com esta técnica, a distribuição da dose de radiação é próxima da teoricamente óptima, mas tem como inconveniente o seu elevado custo [15].

A descoberta da radioactividade artificial por Frédéric Joliot e Irène Joliot-Curie (filha de Pierre e de Marie Curie), que lhes valeu o Prémio Nobel da Química em 1935, “em reconhecimento da sua síntese de novos elementos radioactivos” [17], bem como a cisão controlada do ^{235}U em reactores nucleares, permitiram que actualmente se disponha de uma grande variedade de radioisótopos para uso em radioterapia e radiodiagnóstico. A ligação desses radioisótopos a moléculas com afinidade para determinados tecidos e órgãos gerou uma categoria de compostos designados por radiofármacos.

A Medicina Nuclear é uma especialidade médica que surgiu no decurso do desenvolvimento de instrumentação clínica que permite detectar e monitorizar os radiofármacos no corpo. A tomografia de emissão de positrões (PET, do inglês *positron emission tomography*) é hoje um trunfo poderosíssimo desta área da Medicina. Os chamados *marcadores*, neste caso radioisótopos emissores de positrões (a anti-partícula do electrão), são introduzidos no corpo do paciente, ligados a moléculas biologicamente activas. A aniquilação dos positrões pelos electrões gera a libertação de radiação gama, que pode ser monitorizada no espaço e no tempo, permitindo a obtenção da imagem da sua distribuição no corpo.

O marcador mais usado em PET tem sido, até à data, um derivado da glucose (^{18}F -fluorodesoxiglucose), o qual é rapidamente captado pelas células cancerosas, permitindo a detecção e a localização dos tumores e metástases. Possibilita também conhecer a actividade metabólica dos tecidos, podendo assim ser usado para investigar e diagnosticar uma variedade de processos fisiológicos e patológicos [18].

Nas últimas décadas, a radioterapia *vectorizada* tem mostrado resultados muito promissores em oncologia, com menores efeitos secundários que a radioterapia convencional. O conceito baseia-se no uso de um radioisótopo ligado a uma biomolécula que dirige a radioactividade para os locais onde existem células cancerosas. Para esse efeito, pode recorrer-se a radioisótopos emissores de partículas alfa,

de partículas beta ou de electrões Auger. Se a molécula vectorizadora for um anti-corpo, o processo designa-se por imunoterapia. Neste caso a ligação às células tumorais ocorre por mecanismos de natureza genética. Quando a molécula vectorizadora é um péptido, a sua ligação ocorre em receptores específicos, que normalmente são sobre-expressos nas células tumorais (terapia mediada por receptores de péptidos) [19].

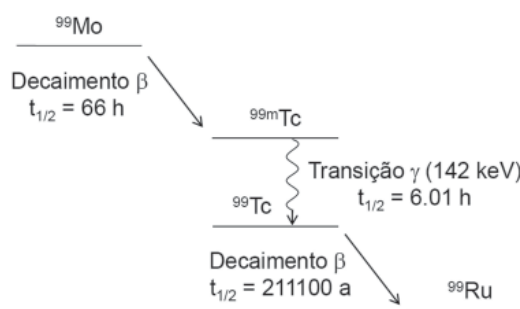
EXEMPLOS DE RADIOSÓTOPOS ACTUALMENTE USADOS EM MEDICINA

Os radiofármacos podem ser usados para diagnóstico (imagem médica) ou

como agentes terapêuticos, dependendo do radioisótopo utilizado. No diagnóstico médico, por PET e cintigrafia gama (Figura 7), são utilizados radioisótopos, respectivamente, emissores de positrões e emissores gama. O $^{99\text{m}}\text{Tc}$, o radioisótopo mais utilizado em Medicina Nuclear (usado em cerca de 80% dos exames cintigráficos em todo mundo [20]), é um emissor gama ($t_{1/2} = 6.01 \text{ h}$, 140 keV) (Esquema 1) que tem as suas principais aplicações em imagiologia do músculo cardíaco (cardiolite [21], Figura 8) e do esqueleto ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -metileno difosfonato [22]). Tem ainda aplicação para obtenção de imagem de outros órgãos e tecidos, tais como o cérebro, tiróide, pulmões, fígado, baço e rins.



Figura 7 - Câmara de cintigrafia gama



Esquema 1 - Diagrama do decaimento do ^{99}Mo . O decaimento de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ é acompanhado de emissão de radiação gama que é detectada nas câmaras de cintigrafia

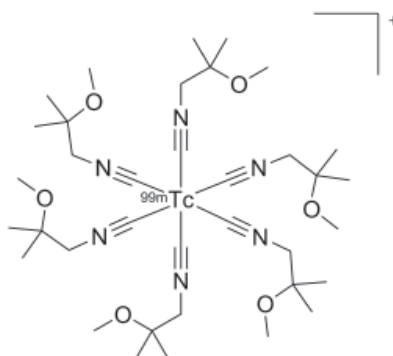


Figura 8 - O radiofármaco *Cardiolite* é um complexo de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ utilizado para imagem de perfusão do miocárdio

O ^{99m}Tc é produzido num gerador de $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$, o que permite a sua produção nas próprias instalações hospitalares. Recentemente, o ^{68}Ga ($t_{1/2} = 68$ min, 1.92 MeV (energia máxima)) [23] tem vindo a ser alvo de grande interesse para aplicação em PET [24] dado também poder ser produzido *in loco* num gerador ($^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$) (Figura 9). Uma grande vantagem do ^{68}Ga , por comparação com o convencional ^{18}F , é a rapidez da marcação de moléculas. Tratando-se de um ião metálico (Ga^{3+}), forma rapidamente complexos por coordenação com ligandos adequados, enquanto que o ^{18}F , por necessitar de ser ligado covalentemente, requer muito mais tempo para a sua inclusão no radiofármaco.

O ^{131}I e o ^{90}Y , entre outros, são radioisótopos cujas características nucleares são aproveitadas para fins terapêuticos. O ^{131}I , sob a forma de iodeto de sódio, tem vindo a ser usado desde 1941 no tratamento do cancro da tiróide, devido à sua captação específica nas células desta glândula [25-26]. O seu mecanismo de acção consiste na libertação de partículas beta de elevada energia que induzem uma citotoxicidade localizada [27].

Para além da sua acção terapêutica, como o ^{131}I também decai por emissão de radiação gama, é possível seguir o tratamento do paciente por recurso a imagens de cintigrafia gama [26].

O ^{90}Y , assim como o ^{131}I , são usados actualmente no tratamento de linfoma

do tipo não-Hodgkin sob a forma de ^{90}Y -ibritumomab tiuxetano (*Zevalin* [28-29]), e de ^{131}I -tositumomab (*Bexxar* [30]). O tratamento com estes radiofármacos resulta da conjugação da acção de anticorpos monoclonais, o ibritumomab e o tositumomab, com a acção citotóxica do ^{90}Y e do ^{131}I [31]. Os anticorpos reconhecem o antígeno CD20, induzindo citotoxicidade que desencadeia a morte celular [32-33] e, simultaneamente, os radioisótopos actuam por emissão de partículas beta.

NOTAS FINAIS

Um século depois das descobertas de Marie Curie, a radioterapia constitui uma das principais armas de combate ao cancro. De acordo com as estatísticas disponíveis, entre 1991 e 1996, cinco milhões de pacientes foram tratados anualmente com radiação ionizante [15]. Infelizmente, esta possibilidade de tratamento, devido aos custos e à falta de equipamento e de profissionais especializados, ainda não está disponível para uma grande parte da população mundial.

De Marie Curie fica-nos, acima de tudo, a memória de um ser humano de excepção. Logo após a sua morte, em 1934, Einstein escreveu: "Agora que terminou a vida de uma personalidade tão notável como a da Senhora Curie, as recordações que temos dela não se devem limitar ao que os frutos do seu trabalho deram à Humanidade. Os valores morais da sua personali-

dade excepcional têm provavelmente um significado mais profundo para as gerações vindouras, e para o curso da História, que os meros feitos intelectuais" [12].

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Doutora Maria de Fátima Bento a motivação e a inspiração para a escrita deste artigo bem como a leitura crítica do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- [1] H. Becquerel, *Comptes Rendus* **122** (1896) 420-421.
- [2] M.S. Curie, *Comptes Rendus* **126** (1898) 1101-1103.
- [3] P. Curie, M. Curie, *Comptes Rendus* **127** (1898) 175-178.
- [4] P. Curie, M. Curie, M.G. Bémont, *Comptes Rendus* **127** (1898) 1215-1217.
- [5] Nobelprize.org Web: http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/ (acedido em 31-01-2011).
- [6] Nobelprize.org Web: http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/pierre-curie-lecture.html (acedido em 31-01-2011).
- [7] M. Curie, A. Debierné, *Comptes Rendus* **151** (1910) 523-525.
- [8] Nobelprize.org Web: http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1911/ (acedido em 31-01-2011).
- [9] H.F. Walton, *J. Chem. Education* **69** (1992) 10-15.
- [10] A. Einstein, *Annalen der Physik* **18** (1905) 639-643.
- [11] F. Giroud, *Marie Curie: A Life*, Holmes & Meier Publishers, United States, 1986.
- [12] S. Quinn, *Marie Curie: A Life*, Da Capo Press, New York, 1996.
- [13] B. O'Neill, *The Life and Works of Kandinsky: A Compilation of Works from the Bridgeman Library*, Shooting Star Press, New York, 1995.
- [14] R.F. Moulds, *The British Journal of Radiology* **71** (1998) 1229-1254.
- [15] J. Liniecki, *Chemistry International* **33** (2011) 36-37.
- [16] gammaknife.org Web: http://www.gammaknife.org/gksl_why.html (acedido em 31-01-2011).
- [17] Nobelprize.org Web: http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/ (acedido em 01-02-2011).

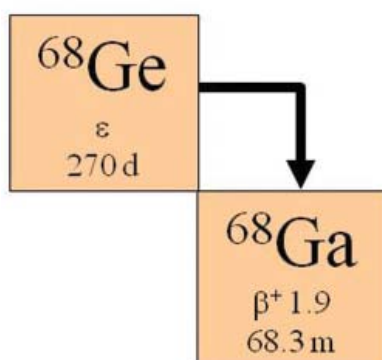


Figura 9 - Gerador de ^{68}Ga a partir do ^{68}Ge

- [18] H.H. Coenen, Flurine-18 Labeling Methods: Features and Possibilities of Basic Reactions, in *PET Chemistry The Driving Force in Molecular Imaging*, Springer, Berlin, 2007.
- [19] B. Gehler, F. Paulsen, M.Ö. Öksüz, T.K. Hauser, S.M. Eschmann, R. Bares, C. Pfannenber, M. Bamberg, P. Bartenstein, C. Belka, U. Ganswindt, *Radiation Oncology* **4** (2009) 56-63.
- [20] F.N. von Hippel, L.H. Kahn, *Science and Global Security* **14** (2006) 151-162.
- [21] DuPont Pharmaceuticals press release, News from the 2000 Scientific Meeting of the American College of Cardiology: "First study of its kind shows Cardiolite test can accurately predict heart disease risk and cardiac death in senior adults", March 14, 2000.
- [22] G. Subramanian, J.G. McAfee, R.J. Blair, F.A. Kallfelz, F.D. Thomas, *J. Nucl. Med.* **16** (1975) 744-755.
- [23] H.R. Maecke, M. Hofmann, U. Haberkorn, *J. Nucl. Med.* **46** (2005) 172s-178s.
- [24] H.R. Maecke, J.P. André, ⁶⁸Ga-PET Radiopharmacy: A Generator-Based Alternative to ¹⁸F-Radiopharmacy, in *PET Chemistry The Driving Force in Molecular Imaging*, Springer, Berlin, 2007.
- [25] B. Catz, D.W. Petit, H. Schwartz, F. Davis, C. McCammon, P. Starr, *Cancer* **12** (1959) 371-383.
- [26] S.I. Sherman, *Lancet* **361** (2003) 501-511.
- [27] H.R. Maxon, S.R. Thomas, R.C. Samarutunga, *Thyroid* **7** (1997) 183-187.
- [28] Food and Drug Administration Web: http://www.accessdata.fda.gov/drugsatfda_docs/label/2008/125019s135lbl.pdf (acedido em 01-02-2011).
- [29] European Medicines Agency Web: http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/EPAR_-_Product_Information/human/000547/WC500049469.pdf (acedido em 01-02-2011).
- [30] Food and Drug Administration Web: http://www.accessdata.fda.gov/drugsatfda_docs/label/2003/tosicor062703LB.pdf (acedido em 01-02-2011).
- [31] H.A. Jacene, R. Filice, W. Kasecamp, R.L. Wahl, *J. Nucl. Med.* **48** (2007) 1767-1776.
- [32] P.M. Cardarelli, M. Quinn, D. Buckman, Y. Fang, D. Colcher, D.J. King, C. Bebbington, G. Yarranton, *Cancer Immunol. Immunother.* **51** (2002) 15-24.
- [33] P. Stashenko, L.M. Nadler, R. Hardy, S.F. Schlossman, *J. Immunol.* **125** (1980) 1678-1685.



ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

A TERRA GANHA UM DUPLO

Pela primeira vez, astrónomos descobrem um planeta exterior ao sistema solar que aparenta ter potencial para suportar a vida. Este planeta orbita uma estrela situada a apenas 20.5 anos-luz da Terra na constelação Balança, e é semelhante em tamanho e temperatura à Terra, tornando possível a existência de uma atmosfera e de água líquida – dois critérios essenciais que definem a habitabilidade de um meio.

Esta descoberta, que ainda carece de confirmação, foi anunciada em finais de Setembro de 2010 pela equipa do Lick-Carnegie Exoplanet Survey, nomeadamente por Steven S. Vogt, professor de astronomia e astrofísica da Universidade da Califórnia, em Santa Cruz, e o astónomo R. Paul Butler do Carnegie Institution of Washington.

Através da utilização do espectrómetro HIRES projectado por Vogt, no Telescópio Keck I situado no topo de Mauna Kea no Hawaii, a equipa monitorizou a anã vermelha Gliese 581 por 122 vezes durante um período de

mais de 11 anos, e aplicou o método das velocidades radiais (também conhecido por espectroscopia Doppler) para detectar a presença de dois planetas adicionais após a eliminação das contribuições dos planetas já previamente conhecidos (b, c, d, e), descobertos pela equipa do espectrómetro HARPS, no Observatório de La Silla, Chile, da ESO (European South Observatory). Assim, detectou-se um sinal com um ciclo de 445 dias, reconhecido como um novo planeta de órbita exterior denominado por f, e um sinal de 37 dias atribuído a outro novo planeta a que se atribuiu a designação de Gliese 581g.

Apesar de aproximadamente 500 exoplanetas já terem sido descobertos desde 1992, nenhum se revelou suficientemente pequeno, frio ou quente, para ser considerado como habitável. A maioria destes planetas corresponde a planetas gigantes, provavelmente similares aos gigantes gasosos Júpiter ou Saturno. Porém, à medida que a tecnologia dos telescópios evolui, esta permite aos astrónomos

o acesso à detecção de exoplanetas mais semelhantes à Terra em termos de tamanho ou órbita.

A novidade de Gliese 581g consiste no facto das previsões o situarem mais ou menos no meio da região de habitabilidade da sua estrela, o que informalmente o coloca na classe dos denominados planetas Goldilocks. No caso de se tratar de um planeta telúrico, condições atmosféricas favoráveis permitiriam as circunstâncias necessárias à existência de vida como a concebemos. Com uma massa de 3.1 a 4.3 vezes a massa da Terra, Gliese 581g é considerado uma super-Terra e constitui-se como o planeta Goldilocks conhecido de dimensões mais semelhantes às da Terra.

(Adaptado do artigo de 01/10/2010 de Elizabeth K. Wilson: Earth Gets A Doppelganger, Chemical & Engineering News, <http://pubs.acs.org/cen/news/88/i40/8840notw3.html>, e de http://en.wikipedia.org/wiki/Gliese_581_g)

Paulo Brito (paulo@ipb.pt)
Instituto Politécnico de Bragança

Segurança para uma vida



Titulação



Cromatografia Iónica



Medidores (pH, condutividade e concentração de iões)

A **MT Brandão** é desde Junho de 2010 a empresa responsável pela venda, assistência técnica e apoio aos produtos e clientes Metrohm. Dispomos de responsáveis especializados nas áreas de Titulação/Doseamento e Cromatografia Iónica com capacidade para assessorar e dar apoio em diversas aplicações, não só em novos projectos como também nos existentes.

A nossa equipa de Serviço Técnico, com formação específica na Metrohm, está autorizada a prestar qualquer tipo de intervenção, quer a nível de Manutenção Preventiva quer a nível de Reparação pontual.

www.metrohm.pt



M. T. BRANDÃO - PORTUGAL
RUA DE SERRALVES, 599
4150-708 PORTO - PORTUGAL

TEL (+351) 226 167 370
FAX (+351) 226 167 379

mtb@mtbrandao.com
www.mtbrandao.com

