



# CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

[www.bassalo.com.br](http://www.bassalo.com.br)

## A Radioatividade Exótica e os Físicos Brasileiros.

Desde a descoberta da **radioatividade natural** pelo o físico francês Antoine Henry Becquerel (1852-1908), em 1896, diversos processos radioativos (decaimentos) foram então sendo descobertos, conforme descrevemos em verbetes desta série, e assim resumidos: **alfa** ( $\alpha$  - emissão do núcleo do hélio), **beta-menos** ( $\beta^-$  - o nêutron desintegrando-se em um próton, com a emissão de um elétron e de seu antineutrino associado); **gama** ( $\gamma$  - radiação eletromagnética); **beta-mais** ( $\beta^+$  - o próton desintegrando-se em um nêutron, com a emissão de um pósitron e de seu neutrino associado), e a **captura eletrônica** (captura de um elétron da eletrosfera pelo próton do núcleo, com a formação de um nêutron e a emissão de um neutrino associado ao elétron). Esses processos foram explicados graças aos seguintes modelos teóricos: 1) **Efeito Túnel** formulado, em 1928, pelos físicos, o norte-americano Edward Uhler Condon (1902-1974) e o inglês Ronald Wilfrid Gurney (1898-1953) e, independentemente, pelo russo-norte-americano George Gamow (1904-1968); 2) **Força Fraca** proposto, em 1934, pelo físico ítalo-norte-americano Enrico Fermi (1901-1954; PNF, 1938). Foi também em 1934, que o casal de físicos franceses, Irène (1897-1956) e Jean Frédéric Joliot-Curie (1900-1958) descobriu a **radioatividade artificial** com a emissão  $\beta^+$ . A captura eletrônica ficou evidenciada em 1937 em experimentos conduzidos pelo físico norte-americano Luis Walter Alvarez (1911-1988), no Laboratório de Radiação da Universidade da Califórnia (Berkeley, USA). Logo depois, em 1938, os químicos alemães Otto Hahn (1879-1968; PNQ, 1944) e Fritz Strassmann (1902-1980) produziram a **fissão nuclear induzida** e, em 1940, os físicos russos Georgii Nikolaevich Flerov (1913-1990) e Konstantin Antonovich Petrzhak (1907-1998) descobriram a **fissão nuclear espontânea**.

Os processos radioativos descritos acima se caracterizam pela emissão de **elétrons** ( $e^-$ ) e/ou de **pósitrons** ( $e^+$ ). Contudo, Em 1951, o físico e químico russo Vitalii Iosifovich Gol'danskii (1923-2001) desenvolveu uma teoria para um novo tipo de **radioatividade** caracterizada pela **emissão de um próton** ( $p$ ). Mais tarde, em 1965, o próprio Gol'danskii começou o estudo teórico da **radioatividade** com **emissão de dois prótons**. Esses dois novos tipos de radioatividade foram observados, respectivamente, em 1970 (*Physics Letters* **B33**), por K. P. Jackson, C. U. Cardinal, H. C. Evans, N. A. Jelley e J. Cerny (p. 281) e por Cerny, J. E. Esternl, R. A. Gough e R. G. Sextro (p. 284) e, em 1983 (*Physical Review Letters* **50**, p. 404), por M. D. Cable, J. Honkanen, R. F. Parry, S. H. Zhou, Z. Y. Zhou e Cerny.

A **radioatividade** com emissão de fragmentos mais pesados do que a **partícula  $\alpha$** , fenômeno hoje conhecido como **radioatividade exótica**, segundo o físico brasileiro Odilon Antonio Paula Tavares (n. 1943) [*Ciência e Sociedade* **CBPF-CS-006/12** (Março, 2012);

*Ciência Hoje* **50**, p. 54 (Agosto, 2012)], foi pela primeira vez conjecturada, em 1975 e 1976 (*Anais da Academia Brasileira de Ciências* **47**, p. 567; **48**, p. 205), pelos físicos brasileiros Hervásio Guimarães de Carvalho (1916-1999), Jáder Benuzzi Martins (n. 1930), Iraci Oliveira de Souza (n.1943) e o próprio Odilon Tavares, ao observarem que uma emulsão fotográfica contendo urânio-238 ( ${}_{92}\text{U}^{238}$ ) **registrava** dois tipos de traços: um maior (cerca de  $23 \times 10^{-3}$  mm), correspondendo à **fissão espontânea** do  ${}_{92}\text{U}^{238}$ ; e um menor (cerca de  $09 \times 10^{-3}$  mm), cuja análise sugeria que o mesmo poderia ser devido a íons pesados com massas maiores do que a das partículas  $\alpha$  ( ${}_{2}\text{He}^4$ ). Logo depois, em 1977 (*Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics* **3**, p. L189), os físicos, o romeno Aurel Sandulescu e o alemão Walter Greiner, mostraram que a possível enorme assimetria de massa na bipartição nuclear decorria dos efeitos da estrutura de camada [proposta, em 1948, pela física alemã Maria Goeppert-Mayer (1906-1972; PNF,1963) e, independentemente, pelos físicos, os alemães Johannes Hans Daniel Jensen (1907-1973; PNF, 1963) e Otto Haxel (1909-1998) e o físico químico austríaco Hans Eduard Suess (1909-1993), segundo vimos em verbete desta série] dos fragmentos nucleares. Essa assimetria foi confirmada logo em 1978 (*Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics* **4**, p. L279), por Sandulescu, H. J. Lustig, J. Hahn e Greiner. Em 1980 (*Fizika Èlementarnyh častic i Atomnogo Âdra* **11**, p. 1334; *Soviet Journal Particle Nuclei* **11**, p. 528), cálculos mais refinados realizados por Sandulescu, Greiner e o físico romeno Denin N. Poenaru (n.1937) indicavam que, na **radioatividade exótica**, havia emissão de **aglomerados** (*clusters*) de prótons (p) e nêutrons (n) mais pesados do que a partícula  $\alpha$ .

A primeira evidência experimental de um caso de **radioatividade exótica** foi obtida, em 1984 (*Nature* **307**, p. 245), quando os físicos ingleses Heinz Jorgen Rose e George Arnald Jones, do *Departamento de Física Nuclear da Universidade de Oxford*, anunciaram nova forma de **radioatividade natural**. Em estudo sistemático que esses dois pesquisadores fizeram das propriedades dos elementos mais pesados que o chumbo (Pb), observaram a **emissão de carbono-14** ( ${}_{6}\text{C}^{14}$ ) por parte de núcleos de rádio-223 ( ${}_{88}\text{Ra}^{223}$ ). A meia-vida deste novo modo de desintegração foi obtida como sendo de 36 milhões de anos. Segundo Tavares (op. cit.), a massa e a energia do isótopo  ${}_{6}\text{C}^{14}$  foram medidas, em 1985 (*Physical Review* **C32**, p. 2036), por uma equipe da *Divisão de Física do Argonne National Laboratory*, localizado em Chicago (USA), composta de Walter Kutschera, I. Ahmad, S. G. Armato III, A. M. Friedman, J. E. Gindler, W. Henning, T. Ishic, M. Paul e K. E. Rehm. Em seguida, em 1986 (*Physical Review* **C34**, p. 2261), Hervásio de Carvalho, Jáder Martins e Odilon Tavares confirmaram a conjectura que haviam feito (junto com Iraci de Souza), em 1975, como registramos acima, evidenciando, mais uma vez, a influência da estrutura de camada dos produtos da desintegração no caso do **decaimento exótico** de isótopos do rádio (Ra) e do radônio (Rn) com a emissão de  ${}_{6}\text{C}^{14}$ .

Concluindo este verbete - que homenageia os físicos brasileiros Hervásio de Carvalho (*In Memoriam*), Jáder Martins, Iraci de Souza e Odilon Tavares (a quem, nesta oportunidade, agradeço a leitura crítica deste verbete), os “inventores” da **radioatividade exótica** -, registramos que o **decaimento exótico** vem sendo comprovado ao longo dos últimos 30 anos [p.e., emissão de neônio-24 ( ${}_{10}\text{Ne}^{24}$ ) por isótopos do urânio (U), emissão de magnésio-28 ( ${}_{12}\text{Mg}^{28}$ ) por isótopos do plutônio (Pu)], conforme indicam os textos de Odilon

Tavares (op. cit.), onde detalhes podem ser vistos, como também no recente artigo escrito por Odilon Tavares e pelo físico brasileiro Emil de Lima Medeiros (**n. 1951**): **A Simple Description of Cluster Radioactivity** [*Physica Scripta* **86**, article number 015201 (25 de junho de 2012)].

---



[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)