

DETERMINAÇÃO DA MEIA-VIDA DO CO-57 USANDO DADOS DA VERIFICAÇÃO DIÁRIA DE DETECTORES

Vitor C. Gonçalves, Guilherme S. Zahn and Frederico A. Genezini

¹ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP
vitor.goncalves@usp.br

RESUMO

A determinação precisa das meias-vidas de radionuclídeos de meia-vida longa é de suma importância, pois estes são utilizados como fontes padrão para calibração de sistemas detectores. Dessa forma, como há pequenas discrepâncias nos valores encontrados na literatura, novas medidas são sempre realizadas com o intuito de atualizar o valor de consenso, tornando-o mais preciso e seguro. O isótopo de massa 57 do Cobalto é bastante utilizado como fonte-padrão para calibração de detectores de radiação γ , com meia-vida tabelada de 271,74 (6) dias. Neste trabalho foi determinada a meia-vida deste radionuclídeo usando-se os resultados das verificações diárias feitas em 4 detectores HPGGe do Laboratório de Ativação Neutrônica (LAN-CRPq) do IPEN; os resultados obtidos para cada detector foram primeiramente divididos em subconjuntos de modo a evitar “degraus” na curva de decaimento e, posteriormente, a cada subconjunto foi ajustada uma função exponencial utilizando-se uma rotina de ajuste robusto em desenvolvimento pelo grupo que tem por objetivo minimizar a influência de dados espúrios.

Os resultados obtidos na maioria dos detectores não foram compatíveis com o tabelado; uma possível explicação para este fato é a grande presença de dados discrepantes (outliers) na maioria dos detectores, uma vez que a transcrição dos resultados é feita manualmente. Dessa forma, pôde-se concluir que é necessário um refinamento no método de seleção dos subconjuntos e na metodologia de ajuste para lidar com os dados oriundos das calibrações diárias.

1. INTRODUÇÃO

A determinação precisa das meias-vidas de radionuclídeos de meia-vida longa é de suma importância, pois estes são utilizados como fontes padrão para calibração de sistemas detectores. Dessa forma, como há pequenas discrepâncias nos valores encontrados na literatura, novas medidas são sempre realizadas com o intuito de atualizar o valor de consenso, tornando-o mais preciso e seguro.

Existem duas formas de determinar meias-vidas longas [1]. O primeiro método consiste em medir a atividade específica de um radionuclídeo com precisão, o que implica em medir tanto a massa da amostra quanto a sua atividade simultaneamente – vide Eq. 1, onde $A(t)$ é a atividade da amostra em um dado instante, $T_{1/2}$ é a meia-vida e N_0 o número de núcleos da espécie radioativa presentes inicialmente na amostra;

$$\frac{A(t)}{N_0} = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t} \quad (1)$$

O outro método é medir a atividade (ou simplesmente a taxa de contagens, assumindo que o sistema detector permaneça o mesmo e seja estável) de uma amostra ao longo de um grande intervalo de tempo, de modo a ser capaz de ajustar adequadamente seu decaimento (Eq. 2)

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t} \quad (2)$$

Para realização do primeiro método é necessária a determinação precisa da concentração de um elemento, bem como a fração isotópica do mesmo. Já no segundo, exige-se o acompanhamento da atividade de uma mesma amostra pelo tempo de algumas meias-vidas. No entanto, o Laboratório de Ativação Neutrônica (LAN) do IPEN realiza desde 1999 verificações diárias para garantir a estabilidade de seus detectores HPGe, e os dados obtidos nestas verificações podem, em princípio, ser utilizados na análise das meias-vidas dos isótopos empregados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados usados neste trabalho foram fornecidos pelo Laboratório de Ativação Neutrônica (LAN) do IPEN-CNEN/SP. Neste laboratório, seguindo os procedimentos de qualidade instituídos em 1999, uma verificação diária é feita em todos os detectores HPGe medindo-se uma fonte mista de $^{57+60}\text{Co}$ por 600s e registrando-se o canal, a resolução, a taxa de contagem e a incerteza desta para os fotopicos de 122 KeV do ^{57}Co e de 1332 KeV do ^{60}Co ; no presente trabalho foram estudados os dados referentes ao pico de 122keV do ^{57}Co obtidos nos 4 detectores da marca Canberra em uso no laboratório.

Estes resultados, que foram primeiramente registrados manualmente em formulário impresso e posteriormente transcritos (também manualmente) para uma planilha tipo Excel, continham inúmeros erros de transcrição, que na medida do possível foram identificados e eliminados. Os dados para cada detector foram então separados em trechos, de forma que cada trecho contivesse apenas dados obtidos na mesma condição experimental, com a mesma fonte radioativa; um exemplo pode ser visto na Fig.1, onde pode-se notar que os dados referentes ao detector Canberra 2 foram divididos em 6 trechos, e também que para este detector há uma grande quantidade de “outliers”.

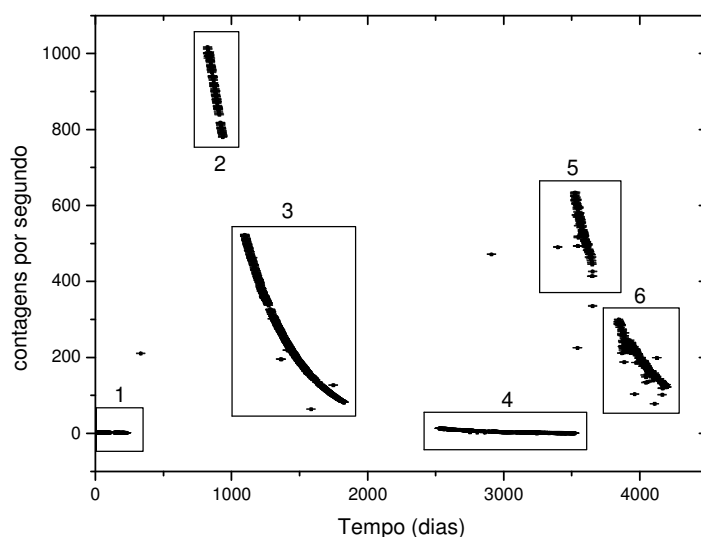


Figura 1. Dados referentes ao detector Canberra 2, onde pode-se ver a divisão em 6 trechos e a grande incidência de outliers.

Os dados referentes a cada trecho de cada detector foram ajustados à função de decaimento (Eq. 2) usando um procedimento de ajuste em desenvolvimento pelo grupo [2] que, em essência, é uma combinação dos métodos dos mínimos quadrados com a técnica de resíduos normalizados [3] e tem por objetivo tratar adequadamente os *outliers* presentes entre os dados. Resumidamente, este método consiste em:

1. Efetuar um ajuste não ponderado, pelo método dos mínimos quadrados não-linear;
2. Calcular o resíduo para cada ponto;
3. Eliminar os pontos com resíduo superior a 5 (ou seja, com probabilidade inferior a 0,0001%);
4. Efetuar um ajuste com ponderação instrumental aos dados restantes;
5. Calcular novamente os resíduos para cada ponto;
6. Eliminar os pontos com resíduo superior a 5 e ajustar as incertezas dos pontos com resíduo entre 3 e 5 de modo a reduzir os resíduos (e, conseqüentemente, o seu peso);
7. Repetir os passos de 4 a 6 até que seja observada convergência.

Finalmente, os resultados obtidos nos diferentes trechos foram analisados usando-se as técnicas estatísticas de média aritmética (MA), média ponderada (MP), média com limitação do peso estatístico relativo (ME), resíduos normalizados (RN) e Rajeval (RA) (as três últimas são descritas em [3]).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do ajuste para cada trecho dos detectores é mostrado na Tabela 1; pode-se perceber que para três dos ajustes (Detector 2 Trecho 2, Detector 2 Trecho 5 e Detector 2

Trecho 6) o χ^2 obtido foi muito alto, de modo que estes ajustes não podem ser considerados confiáveis e seus resultados não foram utilizados para a análise da meia-vida do ^{57}Co .

Tabela 1. Resultados dos ajustes para cada um dos trechos analisados.

Detector	Trecho	Valor (dias)	χ^2
1	1	273,80 (8)	1,70
2	1	292 (28)	0,11
2	2	289,1 (6)	18,23
2	3	273,39 (6)	2,53
2	4	274,9 (4)	1,53
2	5	260,9 (5)	95,66
2	6	283,64 (26)	32,85
3	1	271,73 (9)	2,09
5	1	277,7 (21)	1,2

Os valores finais calculados para a meia-vida do ^{57}Co , usando as diferentes técnicas estatísticas, são mostrados na Tabela 2. Todos os valores estão acima do tabelado, de 271,74 (6) dias [4] e, com exceção dos resultados obtidos nas médias aritmética simples (MA) e ponderada com limitação do peso estatístico relativo (ME), resultam em um Z-Score acima de 3, indicando séria discrepância com o valor tabelado. As possíveis razões para esta discrepância seriam o número excessivo de outliers em alguns dos casos, a não-correção destes para o horário de verão onde cabível, bem como alguma possível inconsistência na metodologia de ajuste que ainda está em desenvolvimento; estas possibilidades serão todas estudadas mais profundamente em um próximo trabalho. Vale destacar, no entanto, que os dados referentes ao detector 3 levaram a um valor compatível com o da literatura, com uma incerteza da mesma ordem de grandeza.

Tabela 2. Resultados para a meia-vida do ^{57}Co obtidos através de diferentes métodos estatísticos.

	Meia-Vida (dias)	Z-Score
MA	273,5 (7)	2,6
MP	273,15 (4)	19,2
ME	273,2 (5)	3,0
RN	273,40 (11)	13,3
RA	273,77 (10)	17,4

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho a meia-vida do ^{57}Co foi determinada por meio de diversas ferramentas estatísticas, obtendo-se valores entre 273,15(4) e 273,77(10) dias; estes valores não são compatíveis com o valor encontrado na literatura, indicando que a metodologia empregada deve ser melhor desenvolvida, com ênfase em um melhor tratamento dos dados discrepantes (outliers). De uma maneira geral, o resultado referente ao detector com menor incidência de dados discrepantes (detector 3) mostrou-se absolutamente compatível com o valor tabelado, indicando que provavelmente a origem dos problemas esteja na metodologia de tratamento de dados discrepantes.

REFERÊNCIAS

1. G. F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, 2nd Ed., Wiley, New York (1989).
2. G. S. Zahn, V. C. Gonçalves, F. A. Genezini, “A Procedure to Fit Nuclear Decay Data With Proper Treatment of Outliers,” *Proceedings of the XXXIV edition of the Brazilian Workshop on Nuclear Physics*, Foz do Iguaçu, Brazil, 5-10 June (2011).
3. M. U. Rajput, and T. D. MacMahon, “Techniques for evaluating discrepant data,” *Nucl. Instrum. Methods*, **A312**, pp.289-295 (1992).
4. M. R. Bhat, “Nuclear Data Sheets for A=57,” *Nucl. Data Sheets*, **67**, pp.195–270 (1992).