

PADRONIZAÇÃO ABSOLUTA DO ^{65}Zn PELO MÉTODO DE ANTICOINCIDÊNCIA $4\pi\beta\text{-}\gamma$

SANTOS A.R.L. ⁽¹⁾, da Silva C.J. ⁽¹⁾, Delgado J.U. ⁽¹⁾, TAVARES D.Y.S. ⁽²⁾, da Silva R.L. ⁽¹⁾, POLEDNA R. ⁽¹⁾, IWAHARA A. ⁽¹⁾.

Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/LNMRI/LN) ⁽¹⁾
Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN) ⁽²⁾
aleiras@ird.gov.br

Resumo: Uma solução de ^{65}Zn foi padronizada usando o método absoluto de contagem em anticoincidência $4\pi\beta(\text{LS})\text{-}\gamma(\text{NaI})$ e técnica de extrapolação de eficiência beta pelo Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes no Instituto de Radioproteção e Dosimetria (LNMRI/IRD). O resultado da presente padronização mostrou-se consistente com a padronização previamente realizada pelo método de contagem em coincidência $4\pi\beta(\text{PC})\text{-}\gamma(\text{NaI})$, em 2010. A incerteza combinada da atividade obtida foi de 0,37 %, mostrando que o método é adequado para a padronização de ^{65}Zn .

Palavras-chave: Padronização de ^{65}Zn , espectrometria gama, método de anticoincidência.

Abstract: The ^{65}Zn solution was standardized using the absolute $4\pi\beta(\text{LS})\text{-}\gamma(\text{NaI})$ anticoincidence counting method and beta efficiency extrapolation technique by the National Laboratory of Ionizing Radiation Metrology at the Institute of Radioprotection and Dosimetry (LNMRI / IRD). The result of the present standardization was consistent with the standardization previously performed by the coincidence counting method $4\pi\beta(\text{LS})\text{-}\gamma(\text{NaI})$ in 2010. The combined uncertainty of the activity obtained was 0.37%, showing that the method is suitable for the standardization of ^{65}Zn .

Keywords: Standardization of ^{65}Zn , gamma spectrometry, anticoincidence method.

1. INTRODUÇÃO

O ^{65}Zn tem uma meia vida de 244,01 (9) dias e decai em aproximadamente 100% por captura eletrônica e sua principal emissão gama de 1115 keV é usada como importante ponto na obtenção das curvas de calibração energia versus eficiência de espectrômetros gama como germânio e cristal de NaI [1].

Durante os últimos anos, vários estudos sobre Zn^{65} foram reportados na literatura. Contudo, as poucas determinações diretas da probabilidade de emissão do raio γ de 1115 keV e a inconsistência nos dados de decaimento não permitem ainda uma avaliação de alta qualidade desses dados. O interesse particular na avaliação exata dos dados nucleares desse radionuclídeo é explicado por sua importante aplicação em

medicina nuclear, estudos de reações nucleares, espectrometria de raios gama e outras aplicações [2]. A Fig. 1 apresenta o esquema de decaimento do ^{65}Zn .

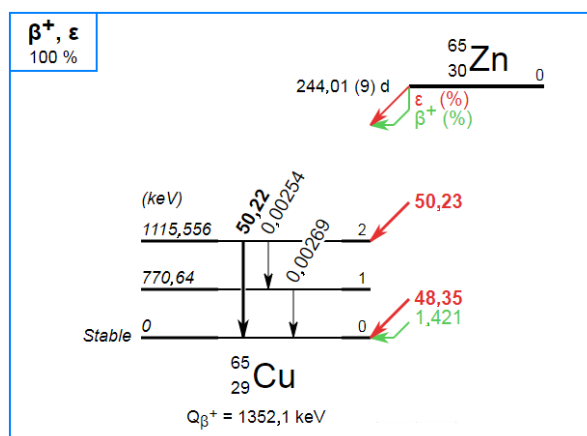


Figura 1. Esquema de decaimento do ^{65}Zn .

2. MÁTERIAS E MÉTODOS

2.1 Preparação das amostras

Foram preparadas 12 amostras em frascos de vidro contendo 10,0 (1) ml de coquetel de cintilação comercial Ultima Gold, da Perkin Elmer/USA onde foram adicionadas de 20 a 30 mg da solução radioativa de ^{65}Zn por meio de pesagem diferencial utilizando a balança XP-56 com incerteza 0,05 %.

2.2 Método de anticoincidência

O método de anticoincidência foi utilizado pela primeira vez por Bryant (BRYANT, 1962) e sua implementação no Laboratório de Radionuclídeos do Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes (LMR/LNMRI/IRD) foi realizado em 2008. (DA SILVA, 2008). O sistema de detecção é composto por uma célula de PVC onde é colocado o frasco de cintilação que é acoplada a duas fotomultiplicadoras diametralmente opostas formando um ângulo de 180° . Esse arranjo é acoplado a um cristal de cintilação de NaI(Tl) com as dimensões de $7,6 \times 7,6 \text{ cm}^2$. Os elétrons Auger e os raios-X característicos provenientes dos eventos de captura eletrônica são detectados pelo cintilador líquido e processados pelas fotomultiplicadoras e uma cadeia eletrônica convencional produzindo pulsos de contagem beta (N_β). Os raios gama de 1115 keV são detectados pelo cristal de NaI(Tl) igualmente processados e analisados por uma cadeia eletrônica convencional produzindo pulsos de contagem gama N_γ . Fundamentalmente, o método de contagem em anticoincidência consiste na obtenção de uma curva de extrapolação experimental, que liga a atividade aparente da fonte N_{Ap} as taxas de contagem beta N_β , gama N_γ^w e coincidência N_c relacionada na equação (1) [3].

$$N_{Ap} = \frac{N_\beta N_\gamma^w}{N_\gamma^w - i N_\gamma^w} \quad (1)$$

Como as coincidências são medidas indiretamente, N_c é calculado como $N_\gamma^w - i N_\gamma^w$ na equação (1) onde N_γ^w é a taxa de contagem para uma dada janela de gama e $i N_\gamma^w$ é a taxa de contagem de gama para eventos não correlacionados beta-gama [4].

Usando uma técnica de extrapolação na equação (1), N_{Ap} tende a N_0 , a atividade da fonte, quando a eficiência beta dada pela relação N_c/N_γ tende a 1. A variação da eficiência beta neste trabalho foi realizada por discriminação eletrônica usando um analisador de altura de pulsos no canal de contagem beta [5].

A figura 2 ilustra o diagrama de blocos do sistema de contagem em anticoincidência $4\pi\beta\text{-}\gamma$. MTR2 é um gerador de tempo-morto, o MI-1 é uma unidade lógica que permite selecionar a contagem gama não coincidente, o MI-2 atua como gerador de tempo-vivo (para todo o sistema) e o MI-3 atua como discriminador no canal gama. Estes equipamentos foram desenvolvidos por Bouchard no LNHB (França) (BOUCHARD, 2000).

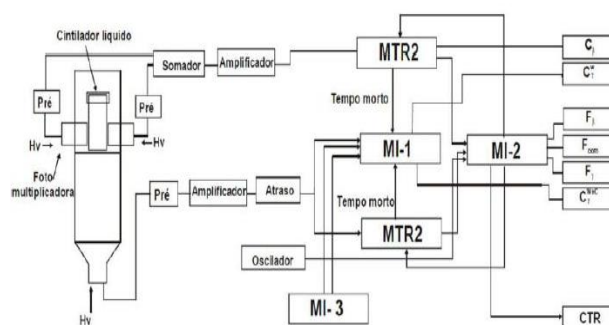


Figura 2. Diagrama de blocos do sistema de contagem em anticoincidência $4\pi\beta\text{-}\gamma$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 12 resultados obtidos (Tabela 1) um foi descartado aplicando o teste estatístico de rejeição de Grubbs [6].

Tabela 1. Resultados da atividade de ^{65}Zn pelo método de anticoincidência. Data de referência: 01/07/2016 12:00 (hora Brasília).

Amostra	Concentração de atividade (kBq/g)	Incerteza padrão (kBq/g)
01	409,624	1,727
02	412,028	2,306
03	409,326	1,123
04	409,302	1,482
05	411,259	1,144
06	409,746	0,540
07	409,878	0,821
08	410,020	0,500
09	409,483	0,842
10	410,255	0,760
11	409,668	0,844
Média ponderada	409,915	0,146

Uma típica curva de extrapolação para se obter a atividade de uma fonte de ^{65}Zn é apresentada na Figura 3.

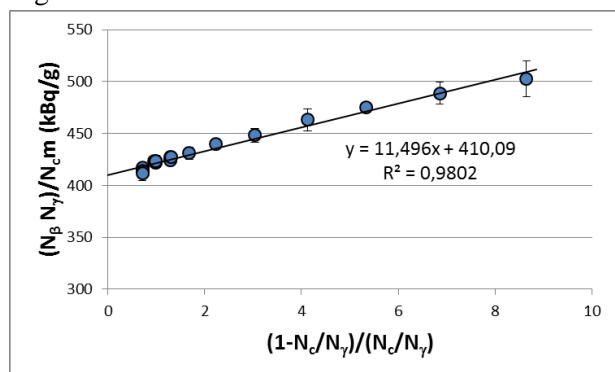


Figura 3. Curva de extrapolação para se obter a atividade de uma fonte de ^{65}Zn

Os componentes das incertezas tipo A e B são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Componentes das incertezas na determinação da atividade de ^{65}Zn .

Componente devido a	Tipo	Incerteza padrão relativa (%)
Estatística de contagem	A	0,21
Média ponderada das 11 fontes	A	0,035
Radiação de fundo	B	0,090
Procedimento de ajuste	A	0,27
Pesagem	B	0,050

Decaimento	B	0,090
Tempo vivo	B	0,010
Incerteza padrão combinada		0,37
Incerteza expandida (k=2)		0,74

Para verificar a consistência do resultado da atividade determinado neste trabalho foi comparado o valor do fator de calibração F_c da câmara de ionização (Centronic IG11) determinado anteriormente em 2005 pelo método de coincidência. [7] F_c é um fator que relaciona a corrente produzida pela câmara por uma fonte radioativa e a sua atividade é dada em pA/MBq [8] e é característica para cada radionuclídeo numa determinada geometria. A geometria utilizada no LMR/LNMRI é uma solução radioativa com cerca de 2,6 g (incerteza 0,05 %) de massa radioativa contida numa ampola de vidro padrão. Na Tabela 3 é apresentada esses fatores de calibração.

Tabela 3. Fatores de calibração F_c da câmara de ionização Centronic IG11 para ^{65}Zn .

Método de medição	Fator de calibração F_c (pA/MBq)	Incerteza padrão (pA/MBq)
Coincidência (2010)	20,817	0,160
Anticoincidência (2016)	20,826	0,0833

Esses resultados mostram que eles são equivalente dentro de uma incerteza padrão estimada para os dois métodos.

4. CONCLUSÕES

Uma solução de ^{65}Zn foi padronizada pelo método de contagem em anticoincidência e o resultado foi consistente com o resultado previamente determinado pelo método de coincidência. A incerteza estimada foi duas vezes menor demonstrando uma melhoria no desempenho do LMR. Esta melhoria nas incertezas ocorre por que a correção de tempo morto no sistema de anticoincidência é realizada automaticamente e também neste sistema não temos a correção de

tempo de resolução. Este sistema opera com cintilador líquido onde a curva de extrapolação pode ser obtida por discriminação eletrônica e também por não ser um método destrutivo, a curva de extrapolação pode ser refeita e otimizada.

5. REFERÊNCIAS

[1] U. Schötzig, "Photon emission Probabilities of ^{44}Ti , ^{65}Zn , ^{88}Y , ^{89}Sr , ^{147}Pm , ^{204}Tl and ^{210}Pb ", *Nucl. Inst. Methods*, vol. 286^a, pp. 523-528, 1990.

[2] A. Luca, M-N. Amiot, J. Morel, "Determination of half-life and photon emission probabilities of ^{65}Zn ", "em publicação".

[3] Da Silva, C J. 2008. Implementação de um Sistema de Antico incidência – *Tese de Doutorado COPPE – UFRJ*.

[4] Da Silva, C.J., Iwahara, A., Poledna, R., Bernardes, E.M.O., Prinzio, M.A.R.R., Lopes, R.T., 2008 Standardization of ^{241}Am , ^{124}Sb and ^{131}I by live-timed anticoincidence counting with extended dead-time. *Appl. Radiat. Isot.* 66, 886-889.

[5] Da Silva, J. S. Loureiro, J.U. Delgado, R. Poledna, D. S. Moreira, A. Iwahara, L. Tauhata, R. L. da Silva, R. T. Lopes, 2012 Standardization of ^{243}Am / ^{239}Np and $^{166\text{m}}\text{Ho}$ by live-timed anticoincidence counting with extended dead-time. *Appl. Radiat. Isot.* 70, 2056-2059.

[6] Grubbs, Frank E. "Sample criteria for testing outlying observations". *Annals of Mathematical Statistics.* 21(1): 27-5, 1950.

[7] Iwahara A, Da Silva R. L, M A L, Bernardes E. O, Delgado J. U, Carvalho Filho A. E. "Determination of disintegration rates and gamma-ray emission probabilities of ^{65}Zn and

^{241}Am ". *Applied Radiation and Isotopes*, V. 63/1. 107-113, 2005.

[8] da Silva, C.J., Oliveira, E.M., Iwahara, A., Delgado, J.U., Poledna, R., Oliveira, A.E., Moreira, D.S., da Silva, R.L., Gomes, R.S., de Veras, E.V., 2014. Calibration of Ionization Chamber for ^{18}F and ^{68}Ga . *Appl. Radiat. Isot.*, 87, 188-191.

