

# Principais Resultados da Padronização por Anti-coincidência do LNMRI nos Últimos 8 anos

**Carlos J. da Silva**

<sup>1</sup> Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Av. Salvador Allende, s/nº, Bairro: Recreio dos Bandeirantes, CEP: 22780-160 – Rio de Janeiro; <sup>2</sup> Instituto de Engenharia Nuclear, Rua Hélio Almeida, 75, Cidade Universitária – Ilha do Fundão – Rio de Janeiro – RJ.

E-mail: carlos@ird.gov.br

**Resumo:** O LNMRI implantou em 2006 um sistema de padronização primária que usa o método de Anti-coincidência; em cronometragem em tempo vivo neste e tempo morto extensível; até hoje foram padronizados 18 radionuclídeos. Para armazenar os resultados destas padronizações primárias os sistemas de câmara de ionização do LNMRI/IRD foram calibrados com estes padrões e permitir disseminar a rastreabilidade metrológica aos usuários dos padrões de radioatividade. Neste trabalho serão discutidos as principais dificuldades operacionais do sistema as principais componentes de incertezas e os principais resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Tempo morto extensível; Padronização Primária; Sistema de Anti-coincidência; Rastreabilidade metrológica.

**Abstract:** The LNMRI implemented in 2006 a system of timekeeping in Anticoincidência live in this time and dead time extensible today 18 radionuclides were standardized. To store the results of these primary standadization the LNMRI/IRD reference with ionization chamber were calibrated with these standards. In this work will be discussed the main operational difficulties and components of uncertainty and the main results.

**Keywords:** Extending dead time, primary standardization, Anticoincidence system.

## 1. Introdução

Os sistemas de padronização absolutos ou primaria são os sistemas que estabelecem os valores de referência das grandezas utilizadas nas diversas aplicações da metrologia. Em metroliga de radionuclídeos os sistemas que utilizam a técnica de coincidência são os que detêm as melhores performances em comparações chaves. Atualmente os sistemas com detector proporcional estão sendo substituídos por

cintiladores líquidos devido a simplicidade no preparo das amostras. O sistema de anti-coincidência implementado no LNMRI/IRD, visa complementar o sistema de coincidência tendo a possibilidade de calibrar também radionuclídeos que possuem em seu esquema de desintegração estados meta-estáveis com meia-vida intermediária de até 20 micro segundos. Este sistema opera com módulos MTR2 de fabricação francesa LNHB e que permite trabalhar com tempo morto extensível e cronometragem em

1º Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizantes , Rio de Janeiro/RJ, novembro de 2014

tempo vivo. Para 2014 está previsto a participação do LNMRI/IRD em duas comparações chaves do  $^{59}\text{Fe}$  e do  $^{68}\text{Ge}$ , com a participação em novas comparações chaves temos a possibilidade de submeter novas linhas de CMCs ao BIPM.

Radionuclídeo	ua(%)	ub(%)	U(%)
$^{18}\text{F}$	0,22	0,22	0,63
$^{51}\text{Cr}$	0,12	0,10	0,31
$^{55}\text{Fe}$	0,87	0,05	1,8
$^{56}\text{Mn}$	0,30	0,20	0,72
$^{59}\text{Fe}$	0,30	0,17	0,69
$^{60}\text{Co}$	0,20	0,20	0,56
$^{67}\text{Ga}$	0,35	0,05	0,70
$^{68}\text{Ge}$	0,11	0,15	0,37
$^{99}\text{Tc}$	0,64	0,37	1,4
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0,56	0,12	1,1
$^{111}\text{In}$	0,39	0,07	0,80
$^{123}\text{I}$	0,39	0,12	0,82
$^{124}\text{Sb}$	0,21	0,08	0,45
$^{131}\text{I}$	0,15	0,09	0,34
$^{166\text{m}}\text{Ho}$	0,23	0,06	0,48
$^{177}\text{Lu}$	0,15	0,05	0,32
$^{241}\text{Am}$	0,12	0,05	0,26
$^{243}\text{Am}$	0,35	0,07	0,73

Tabela 1 Incertezas obtidas na aplicação do método de Anti-coincidência

## 2- O Método de Anti-coincidência

Quando a meia-vida do estado excitado é da ordem ou maior que o tempo de resolução do circuito de coincidência, uma significativa perda de coincidências genuínas ocorrerá. O aumento do tempo de resolução para compensar as perdas é limitado pelo aumento das coincidências

acidentais. Por conseguinte, a aplicação da contagem em coincidência será em geral reservada para radionuclídeos que decaem prontamente ou seja,  $< 10^{-10}$  s. Para radionuclídeos que decaem pela emissão de raios gama retardados a contagem em anti-coincidência é mais indicada principalmente quando se elimina interferências tais como o efeito Gandy (FUNK,1981). O método de anti-coincidência como uma alternativa ao método de coincidência foi sugerido pela primeira vez por Bryant (BRYANT,1962) para decaimento beta-gama pronto e posteriormente aplicado ao caso de emissores que possuem estados meta-estáveis com a emissão de radiação gama retardada (BRYANT,1967).

Com a contagem em anti-coincidência, os raios gama não correlacionados com as partículas beta, são contados e a taxa de contagem no canal de coincidência pode então, ser obtida por subtração, entre a taxa de contagem gama total, e a taxa de contagem não correlacionada.

Com a introdução da técnica de cronometragem em tempo vivo, este método possui as vantagens de fazer a correção de tempo morto por meio da eletrônica (Da Silva, 2007).

A atividade de um dado radionuclídeo pode ser determinada pela equação clássica do método de coincidência, e que difere no método de anti-coincidência, apenas na taxa de contagem  $N_c$ , que neste caso para uma dada janela de contagem gama, é determinada como a diferença entre a taxa de contagem gama total e a taxa de

contagem gama de eventos não correlacionados, ou que não estejam em coincidência, que pode ser representada pela equação (1).

Radionuclideo	F(A/Bq)10 <sup>-17</sup>	U(%)
<sup>18</sup> F	4,0868	0,41
<sup>51</sup> Cr	0,1392	0,72
<sup>67</sup> Ga	0,9882	0,83
<sup>68</sup> Ge	4,0140	0,22
<sup>99m</sup> Tc	0,8919	1,1
<sup>111</sup> In	1,9900	1,4
<sup>123</sup> I	0,8600	1,0
<sup>124</sup> Sb	6,6233	0,54
<sup>177</sup> ILu	0,2428	0,88

Tabela 2- Fatores de Calibração Câmara IG-

11

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

Onde:

$N_{\beta}$  é a taxa de contagem no canal beta corrigida para radiação de fundo;

$N_{\gamma}^w$  é taxa de contagem gama na janela corrigida para radiação de fundo; e

$N_{\gamma}^{wnc}$  é a taxa de contagem gama não correlacionados corrigida para radiação de fundo.

## 2.1 Principais Componentes de Incertezas

### 2.1.1 Categoria A

#### A Estatística de Contagem

A -

#### b- Incerteza Devido a extrapolação

A incerteza na extrapolação varia de 0,1 a 0,5 %, em algumas situações quando a eficiência é muito pequena a incerteza devido a extrapolação pode ficar muito grande e inviabilizar a aplicação do método.

### 2.1.2 Categoria B

#### a- Tempo Vivo

A incerteza estimada no processo de cronometragem que envolve o acionamento das portas de contagens e a medição do tempo vivo é de 0,1%.

#### b- Massa

A incerteza na massa em termos efetivos para os valores que trabalhamos é da ordem de 0,05%. Com massa de 20 mg a incerteza pode ser reduzida para 0,02%. Esta incerteza não é um fator limitante do método.

#### c- Radiação de Fundo

A incerteza devido a radiação de fundo varia entre 0,01 0,2 %. Este parâmetro de incerteza pode ser reduzido aumentando em algumas situações o tempo de medição da radiação de fundo.

#### e- Meia -Vida

A incerteza devido a meia vida é obtida pela propagação da incerteza na meia-vida para o intervalo de tempo gasto na padronização. Normalmente a incerteza na meia-vida são relativamente baixos de forma a garantir incertezas neste parâmetro.

#### 4. Resultados

Os resultados obtidos durante estes 09 anos resultou na padronização de 18 radionuclídeos. Os radionuclídeos e os resultados de incerteza na padronização com o método de anti-coincidência estão listados na tabela 1. Em sua maioria a incerteza com binada ficou abaixo de 1 %, para  $k=2$ , o que atende todas as aplicações. Como o sistema opera de forma semiautomática a padronização exige do operador disponibilidade para a execução das execuções das medições, em tempo integral para a padronização, cálculo e análise de dados. Uma padronização normalmente requer de 15 a 30 dias. Desta forma, a calibração dos sistemas de referência com câmara de ionização torna-se imperioso e fundamental para que em qualquer momento o laboratório tenha a possibilidade de fornecer aos usuários fontes calibradas com rastreabilidade metrológica ao sistema metrológicos internacional a tabela 2 ilustra alguns valores dos fatores de calibração para o sistema de referência com a câmara Centronic modelo IG11. (Da Silva 2014). Detalhes na aplicação do método de anti-coincidência pode ser encontrado em (Da Silva, 2008).

#### 5. Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio de toda a equipe do laboratório de radionuclídeos e é o resultado e esforço de todos.

#### 6. Referências Bibliográficas

BRYANT. J., 1962, "Anticoincidence Counting Method for Standardizing Radioactive

Materials", **Appl. Radiat. Isot.** 13, pp. 273-276.

BRYANT, J., 1967, "Advantage of Anticoincidence Counting for Standardization of Radionuclides Emitting Delayed Gamma". *IEEA Symp. Standardization of Radionuclides SM-79/21*.

DA SILVA, CARLOS J., IWAHARA A., POLEDNA R., BERNARDES E. M. DE O., DI PRINZIO M. A. R. R., LOPES RICARDO T., 2008a. "Standardization of  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{51}\text{Cr}$  and  $^{55}\text{Fe}$  by Live-Timed Anti-Coincidence Counting With Extending Dead Time, **Appl. Radiat. Isot.** 66, pp. 231-235.

DA SILVA, CARLOS J., IWAHARA A., POLEDNA R., BERNARDES E. M. DE O., DI PRINZIO M. A. R. R., DELGADO J. U. AND LOPES RICARDO T., 2008b. "Standardization of  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{124}\text{Sb}$  and  $^{131}\text{I}$  by Live-Timed Anti-Coincidence Counting with Extending Dead Time, **Appl. Radiat. Isot.** 66, pp. 886-889.

Da Silva, C. J. Implementação de um Sistema de Anticoincidência – Tese de Doutorado COPPE –UFRJ- 2008.

Da Silva C. J., de Oliveira E. M., Iwahara A. , Delgado J.U., Calibration of ionization chamber for  $^{18}\text{F}$  and  $^{68}\text{Ga}$  **Appl. Radiat. Isot.** 87(2014), pp. 188-191.