



22 a 27 de abril de 1990

ANAI S - PROCEEDINGS

**PADRONIZAÇÃO DE FONTES DE AM-241 UTILIZANDO CINTILADOR PLÁSTICO**

Marina Fallone Koskinas

Mauro da Silva Dias

Laboratório de Metrologia Nuclear

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear - São Paulo**SUMÁRIO**

É apresentado um sistema para a padronização de radionuclídeos alfa-gama que está sendo desenvolvido no Laboratório de Metrologia Nuclear (LMN) do IPEN-CNEN/SP. O sistema utiliza um cintilador plástico para a detecção da partícula alfa e um cristal cintilador de NaI (Tl), para a detecção da radiação gama. A medida absoluta da taxa de desintegração é feita pelo método de coincidência, empregando-se a técnica de extrapolação da eficiência alfa. Os resultados foram comparados aos obtidos no sistema convencional com detector proporcional a gás-fluente em geometria  $2\pi$  e no sistema  $2\pi$ (BS) - NaI(Tl) com detectores de barreira de superfície.

**ABSTRACT**

A system for standardization of alpha-gamma emitters has been developed in the Nuclear Metrology Laboratory at IPEN-CNEN/SP. The system consists of one plastic scintillator for alpha detection which is coupled to NaI(Tl) crystal for gamma ray detection. The activity has been obtained using the extrapolation technique applied to the coincidence method. The results were compared to those obtained using conventional absolute system based on gas-flow  $2\pi$  proportional counters and a  $2\pi$ (BS)-NaI(Tl) system using surface barrier detectors.

## INTRODUÇÃO

O método mais exato para determinação da atividade absoluta de radionuclídeos é o método de coincidência  $4\pi(\alpha, \beta, X)-\gamma$ , que permite alcançar incertezas da ordem de 0,1%, uma vez que a atividade medida depende apenas das contagens observadas. Esse método é aplicável a radionuclídeos que se desintegram por emissão de radiações simultâneas e de natureza diferente, tais como  $\alpha - \gamma$ ;  $\beta - \gamma$ ;  $X - \gamma$ , sendo que para detectar essas radiações são empregados dois tipos de detectores, um para cada via de desintegração.

O Laboratório de Metrologia Nuclear (LMN) do IPEN possui dois sistemas de coincidência para a padronização de radionuclídeos: o sistema de coincidência  $4\pi(PC)$   $(\alpha, \beta, X)-\gamma$  com detector proporcional a gás fluente e o sistema de coincidência  $2\pi(BS)$   $(\alpha, e^-, X)-\gamma$  com detector de barreira de superfície. Entretanto, estes sistemas de coincidência instalados no LMN são satisfatórios para fontes radioativas de pequenas dimensões (diâmetros inferiores a 20 mm). Visando possibilitar a calibração de fontes mais extensas, foi desenvolvido um sistema de coincidência,  $2\pi(PS)-NaI(Tl)$ , que utiliza um cintilador plástico, para detecção da radiação alfa ou beta, acoplado a um cristal de NaI(Tl) para a detecção da radiação gama coincidente.

Os cintiladores plásticos são altamente eficientes para detecção da radiação alfa ou beta, além de poderem ser facilmente fabricados de vários tamanhos e formas, possibilitando a calibração de fontes de diversas dimensões.

Como teste inicial, o sistema proposto foi utilizado na calibração de fontes de  $^{241}\text{Am}$  preparadas no LMN pela técnica de eletrodeposição<sup>(6)</sup>.

## ARRANJO EXPERIMENTAL

O sistema de coincidência  $2\pi$ (PS)-NaI(Tl) utiliza um disco cintilador plástico modelo IPEN-01 com 52 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, confeccionado pelo Laboratório de Produção de Cintiladores Plásticos do IPEN<sup>(4)</sup>, para a detecção das partículas alfa e um cristal de NaI(Tl) de 76x76 mm para detecção da radiação gama.

O cintilador plástico IPEN-01 apresenta características similares ao cintilador comercial NE 102 A<sup>(4)</sup> e foi acoplado a uma fotomultiplicadora RCA 6342 A. O conjunto foi colocado no interior de um tubo de 73 mm de diâmetro, constituído de material que serve de blindagem eletromagnética, vedado contra a luz externa e terminado por uma tampa cuja parte interna foi adaptada como suporte da fonte. O arranjo permite aproximar a fonte radioativa até cerca de 0,5 mm do cintilador plástico. Este arranjo possibilita também a movimentação do detector de NaI (Tl), podendo ser variada a distância entre a fonte e o detector gama, assim como a distância entre os dois detectores. Uma vista esquemática do sistema de detecção é mostrada na figura 1.

## MÉTODO DE PADRONIZAÇÃO DA ATIVIDADE

As equações desenvolvidas para determinação da taxa de desintegração para o  $^{241}\text{Am}$  são as equações usadas no método de coincidência<sup>(1)</sup>, de onde se obtém a atividade pela equação:

$$N_0 = \frac{N_\alpha N_\gamma}{N_c} \quad (1)$$

onde:

$N_0$  é a taxa de desintegração (atividade da fonte);

SISTEMA DE COINCIDÊNCIA  
 $2\pi(\text{PS})\alpha-\beta$

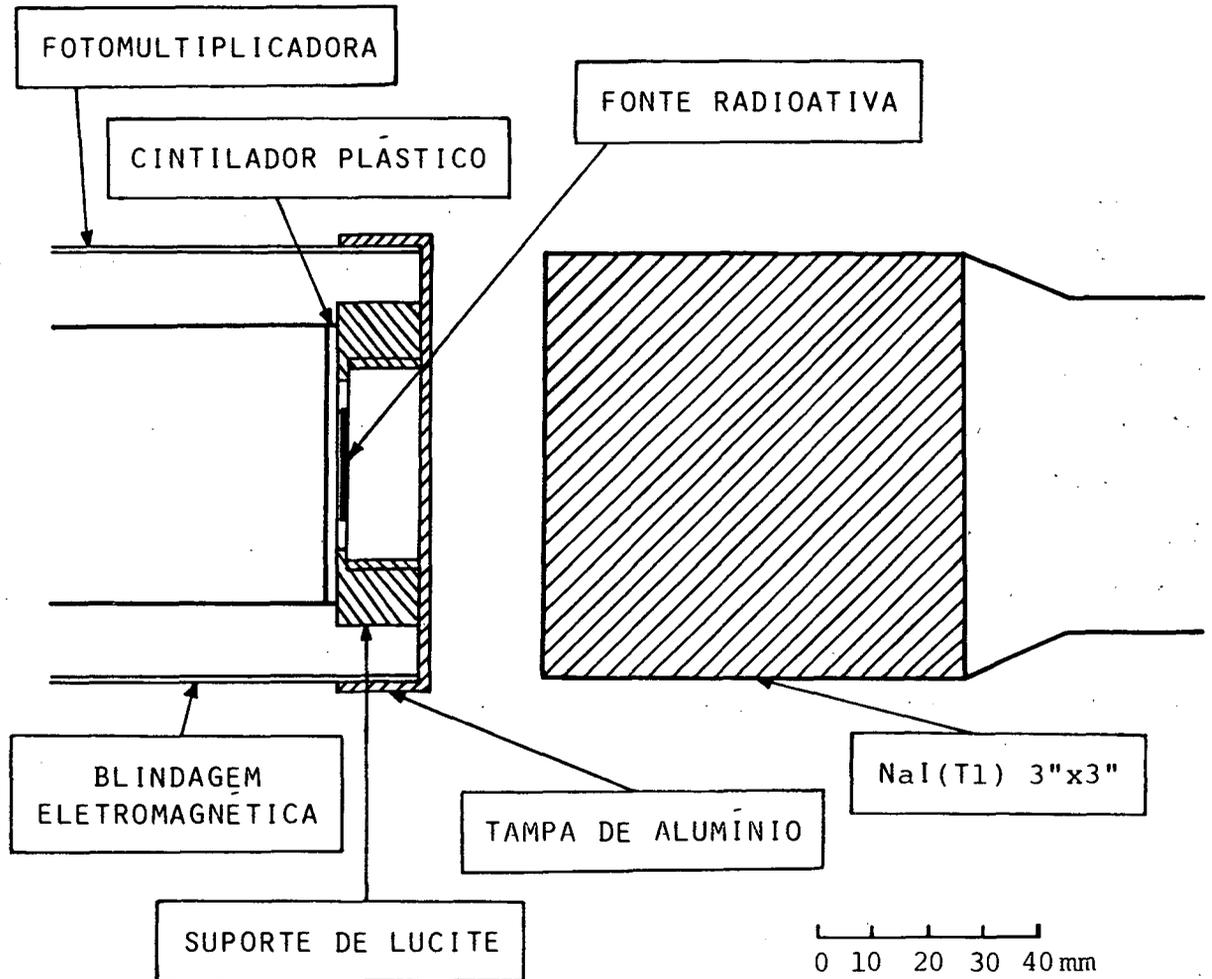


Figura 1 - Vista esquemática do sistema de detecção  $2\pi(\text{PS})\text{-NaI(Tl)}$

$N_{\alpha}$  é a taxa de contagem da via alfa, proveniente da detecção das partículas alfas pelo cintilador plástico;

$N_{\gamma}$  é a taxa de contagem da via gama, proveniente da detecção do gama de 59 keV no cristal de NaI(Tl);

$N_c$  é a taxa de contagem correspondente aos eventos de coincidência entre os dois detectores.

As contagens  $N_{\alpha}$ ,  $N_{\gamma}$  e  $N_c$  foram corrigidas para radiação de fundo. As correções para tempo de resolução e tempo morto foram aplicadas utilizando-se o formalismo de Cox e Isham<sup>(3)</sup>.

A eficiência alfa para o sistema proposto não é próxima de 100%, em razão da geometria do sistema. Assim, tornou-se necessário um estudo para a verificação de uma possível dependência de  $N_c$  com o parâmetro de eficiência  $N_c/N_{\gamma}$ . Este estudo foi feito adotando-se a técnica de extrapolação<sup>(1,2)</sup> onde o parâmetro de eficiência foi variado de dois modos distintos. O valor de  $N_c$  é portanto, obtido pela extrapolação de  $N_c/N_{\gamma}$  para a unidade.

O primeiro modo de variação de  $N_c/N_{\gamma}$  é o convencional, que consiste no uso de absorvedores externos colocados sobre a fonte, de maneira a discriminar uniformemente as partículas alfa de menor energia. Foram utilizados absorvedores de espessuras variáveis, numa faixa de 2 a 20  $\mu\text{m}$ , sendo para isso empregados filmes de MAKROFOL e MYLAR. O intervalo de variação da eficiência foi de 16 a 41%.

O segundo modo consistiu na variação da distância fonte-detector alfa. A variação da eficiência é composta, pela variação da eficiência geométrica juntamente com a atenuação das partículas alfa de menor energia, pela camada de ar interposta entre a fonte e o detector. O intervalo de variação da eficiência foi de 12 a 43%.

## RESULTADOS

Para estes ensaios preliminares, foi utilizada uma fonte de  $^{241}\text{Am}$  com cerca de 8 mm de diâmetro, preparada pela técnica de eletrodeposição sobre um substrato de aço inox com 0,5 mm de espessura.

As curvas de razão das contagens  $N_\alpha N_\gamma / N_C$  em função do parâmetro de ineficiência  $(1 - N_C / N_\gamma) / (N_C / N_\gamma)$  obtidas experimentalmente utilizando os dois modos de variação da eficiência alfa, podem ser vistas nas figuras 2 e 3. Nestas curvas nota-se uma dependência da taxa de desintegração em função do parâmetro de ineficiência, e por conseguinte de  $N_O$  em função da eficiência alfa. Como no caso da padronização do  $^{241}\text{Am}$  no sistema  $2\pi(\text{BS})\text{-NaI(Tl)}$  (utilizando detectores de barreira de superfície), não foi constatada nenhuma dependência<sup>(5)</sup>, podemos supor que esta dependência esteja ligada às características do cintilador plástico ou ao tipo de arranjo utilizado.

No entanto, como os valores extrapolados são concordantes dentro do erro experimental assim como os coeficientes angulares das curvas, conclui-se que os dois métodos são consistentes e equivalentes para o caso do  $^{241}\text{Am}$ .

Os valores extrapolados para eficiência unitária, obtidos com os dois métodos são apresentados na Tabela 1, juntamente com as medidas absolutas realizadas nos sistemas  $2\pi(\text{PC})$  alfa-total (contador proporcional) e  $2\pi(\text{BS})\text{-NaI(Tl)}$ .

A incerteza atribuída às medidas de atividade é a combinação quadrática dos erros sistemáticos e estatísticos, com um nível de confiança de 95%.

TABELA 1

Comparação dos resultados de atividade em sistemas diversos

Radionuclídeo	Método	Atividade ( $N_o$ ) (Bq)
$^{241}\text{Am}$	$2\pi(\text{PS})\text{-NaI(Tl)}^a$	$3956 \pm 22$
	$2\pi(\text{PS})\text{-NaI(Tl)}^b$	$3949 \pm 16$
	$2\pi(\text{BS})\text{-NaI(Tl)}$	$3963 \pm 26$
	$2\pi(\text{PC})$ alfa-total	$3942 \pm 21$

a - variação da eficiência com absorvedores externos;

b - variação da eficiência pela variação da distância fonte-detector.

### CONCLUSÃO

Os resultados de atividade de  $^{241}\text{Am}$ , obtidos pelo sistema proposto, está em excelente acordo com os demais sistemas de medida absoluta instalados no LMN, os quais utilizam detectores  $4\pi$  proporcional ou tipo barreira de superfície, indicando boa confiabilidade.

Novos estudos deverão ser feitos para verificar as causas da dependência do parâmetro  $N_\alpha N_\gamma / N_c$  em função de  $N_c / N_\gamma$  e estabelecer as condições de padronização de fontes mais extensas.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Eliane Pocobi pela preparação das amostras.

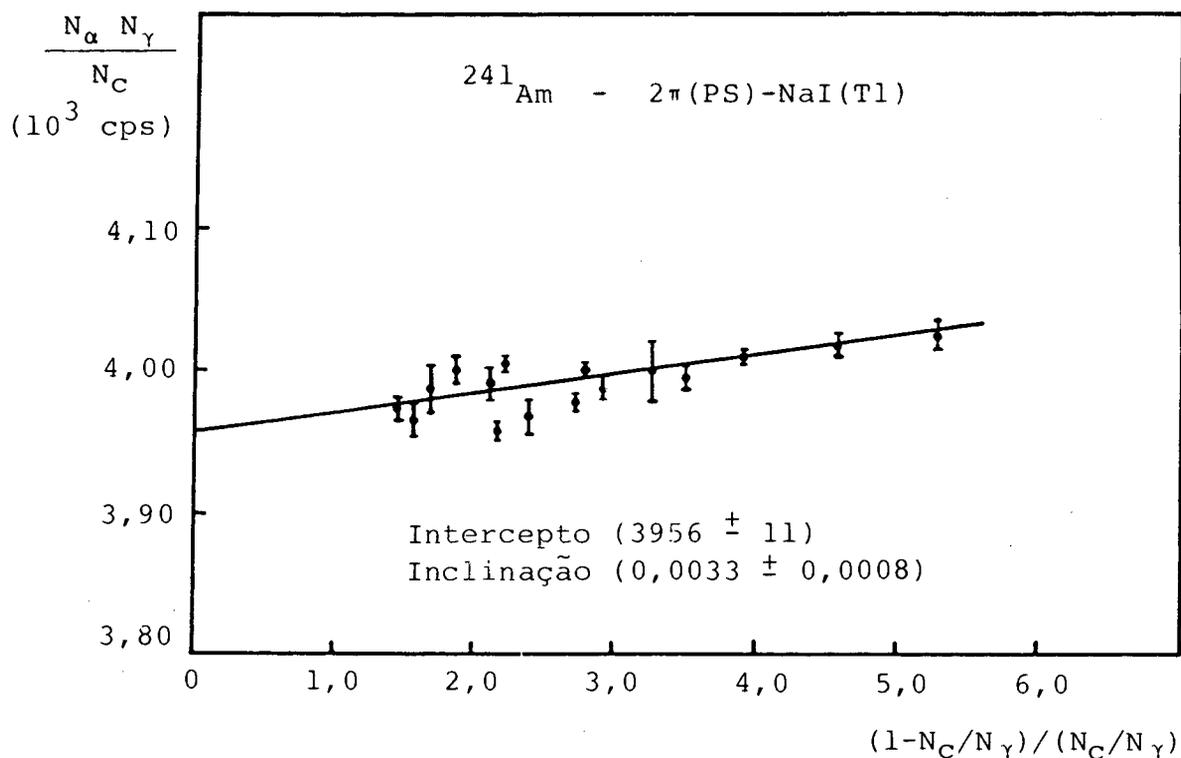


Figura 2 - Variação da razão das contagens  $N_\alpha N_\gamma / N_C$  em função do parâmetro de ineficiência, obtido pelo uso de absorvedores externos.

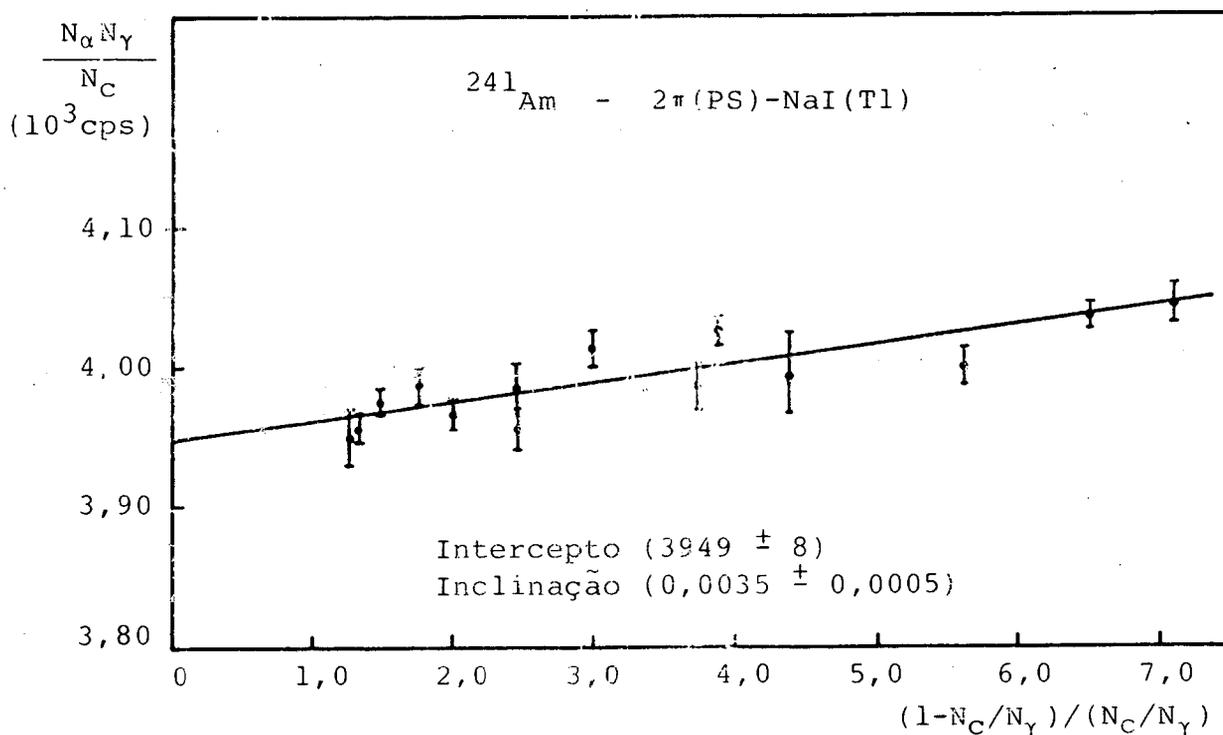


Figura 3 - Variação da razão das contagens  $N_\alpha N_\gamma / N_C$  em função do parâmetro de ineficiência obtido pela variação da distância fonte-detector.

## REFERÊNCIAS

1. BAERG, A.P. Measurements of radioactive desintegrations rate by the coincidence methods. Metrologia, (2): 23-31, 1966.
2. CHAMPION, P.J. The standardization of radioisotopes by the beta-gamma coincidence methods using high efficiency detectors. Int. J. Appl. Radiat. Isot., (4):232-248, 1959.
3. COX, D.R. & ISHAM, V. A bivariate point process connected with electronic counters. Proc.Roy.Soc., (A 356):149-160, 1977.
4. HAMADA, M.M. & MESQUITA, C.H. Preparação de detectores plásticos cintiladores e caracterização de parâmetros físico-químicos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR. Energia Nuclear: anais do 2º congresso geral de ... realizado no Rio de Janeiro, 23-26 abril, 1988. Rio de Janeiro, 1988. V.2, p. 217-223.
5. KOSKINAS, M.F. & DIAS, M.S. Coincidence system for radionuclide standardization using surface barrier detectors. Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res., (A 280):327-331, 1989.
6. SAIKI, M. Comunicação pessoal, 1988.