

Padronização do ^{153}Sm pelo método de Anti-coincidência

Adilson da S. LARANJEIRA¹, Carlos J. da SILVA¹, José U. DELGADO¹, Paulo A. L. da CRUZ¹, Roberto POLEDNA¹, Ronaldo L. da SILVA¹, Antônio E. de OLIVEIRA¹, Régio S. GOMES, Eduardo V. de VERAS, Miriam T. F. de ARAÚJO

¹Instituto de Radioproteção e Dosimetria/Comissão Nacional de Energia Nuclear (IRD/CNEN), Av. Salvador Allende s/nº, Barra da Tijuca, CEP 22783-127, Rio de Janeiro/Brazil
adilson@ird.gov.br

Resumo: O ^{153}Sm foi padronizado no Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes para fornecer rastreabilidade às medições nos serviços de medicina nuclear e fabricantes de radiofármacos no Brasil. ^{153}Sm decai por emissão β - γ para ^{153}Eu , os raios gama de maior intensidade são 69,7 keV (4,7%) e 103,2 keV (29,2%). A padronização foi feita pelos métodos Anti-coincidência e CIEMAT/NIST com incertezas combinadas de (0,4% e 0,3%) e (0,5% e 0,4%), respectivamente. A diferença entre as atividades padronizadas foi 0,15%. As incertezas são consistentes com outras publicações.

Palavras-chave: Padronização; ^{153}Sm ; anti-coincidência; radiofármacos.

Abstract: ^{153}Sm was standardized at the National Laboratory of Metrology of Ionizing Radiation to provide traceability for measurements in nuclear medicine services and manufacturers of radiopharmaceuticals in Brazil. ^{153}Sm decays by emission β - γ to ^{153}Eu , the gamma rays of higher-intensity are 69.7 keV (4.7%) and 103.2 keV (29.2%). The standardization was made by anticoincidence and CIEMAT/NIST methods with uncertainties combined (0.4% and 0.3%) and (0.5% and 0.4%), respectively. The difference between the standardized activities was 0.15%. The uncertainties are consistent with other publications.

Keywords: Standardization; ^{153}Sm ; anticoincidence; radiopharmaceuticals.

1. INTRODUÇÃO

O ^{153}Sm tem sido usado em medicina nuclear como paliativo para a dor no tratamento do câncer ósseo devido a metástase oriunda de câncer de mama, pulmão e próstata. O ^{153}Sm é indicado por causa da sua seletividade ao tecido ósseo, da baixa penetração das emissões β que protege os tecidos vizinhos dos ossos e a medula óssea, e das imagens cintilográficas de mesma sensibilidade e visualização que às do Tecnécio-99m.

A medição precisa e reprodutível da radioatividade em aplicações na medicina nuclear

é importante para garantir a segurança e a eficácia no tratamento e diagnóstico de doenças utilizando fontes radioativas não seladas [1]. Isso é possível com a aplicação do conceito de rastreabilidade, que é definido como a propriedade do resultado de uma medição ou do valor de um padrão através do qual ele pode estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente a padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas declaradas [2].

O ^{153}Sm decai por β para ^{153}Eu , por 80,5% das transições β - para estados excitados e 19,5%

para o estado fundamental do ^{153}Eu . Tem meia-vida de 1,92855 (5) d.

Alguns autores padronizaram o ^{153}Sm . Bowles et al. (1998) padronizou utilizando o método de coincidência $4\pi(PC)-\gamma$ com um contador proporcional operando a pressão atmosférica e um NaI usado como detector gama. Schötzg et al. (1999) padronizou utilizando o método de coincidência $4\pi(PPC)\beta-\gamma$. Dziel et al. (2014) padronizou pelos métodos de coincidência e anti-coincidência $4\pi(LS)-\gamma$, e pelo método CIEMAT/NIST.

O objetivo deste trabalho foi padronizar em atividade o ^{153}Sm pelo método de anti-coincidência $4\pi(LS)\beta-\gamma$ e pelo método CIEMAT/NIST (para efeito de comparação), para fornecer a rastreabilidade para as medições nos serviços de medicina nuclear e produtores de radiofármacos no Brasil.

A determinação de impurezas de radionuclídeos foi feita por um sistema de espectrometria gama com detector de germânio HPGe.

2. PADRONIZAÇÃO DO ^{153}Sm

2.1. Método de anti-coincidência $4\pi(LS)\beta-\gamma$

O método de anti-coincidência é um método complementar ao de coincidência, foi proposto por Bryant (1962) para emissores de radiação $\beta-\gamma$ simultâneos e, posteriormente, para emissores com estados metaestáveis [6].

No método de anti-coincidência as radiações emitidas por uma fonte radioativa e as não coincidências entre elas são contadas em canais separados. Então, para um radionuclídeo com decaimento por emissão $\beta-\gamma$ temos N_β , N_γ e N_{nc} . A determinação da atividade aparente é obtida por $(N_\beta, N_\gamma)/N_c$, sendo $N_c = N_\gamma - N_{nc}$. Para a determinação da atividade real, aplica-se o método de extrapolação da eficiência beta ε_β para

100% utilizando o parâmetro de eficiência $(I-\varepsilon_\beta)/\varepsilon_\beta$, e a atividade aparente, sendo $\varepsilon_\beta = N_c/N_\gamma$.

Na padronização absoluta em anti-coincidência do ^{153}Sm foram utilizadas 16 fontes com 20 mL de coquetel de cintilação, 8 com Ultima Gold e 8 com HiSafe3 em frasco na geometria apropriada e massas em torno de 18 a 25 mg. Os componentes utilizados no sistema de anti-coincidência para o canal beta são: duas fotomultiplicadoras (acopladas ao frasco), gerador de tempo morto estendido, pré e amplificador, e somador. Para os canais gama e anti-coincidência: NaI(Tl), pré e amplificador, gerador de atraso, gerador de tempo morto estendido, discriminador gama, gerador de tempo vivo, multicanal e base de tempo a cristal de quartzo de 1 Mhz. Um programa de coleta de dados em Labview foi utilizado. No canal gama foi inserido um atraso de 4 μs e ajustada a janela de energia para 103.2 keV. Um tempo morto de 50 μs foi gerado para os canais beta e gama. A variação eletrônica da eficiência beta obteve 10 valores entre 0,95 a 0,98. As taxas de contagem N_β , N_γ e N_{nc} obtidas por cada discriminação foram registradas pelo programa Labview no computador. As contagens obtidas por cada discriminação originaram 10 valores de atividade aparente por fonte e 10 valores de parâmetro de eficiência, os quais foram obtidos após 800 medições. Os valores de atividade aparente foram ajustados linearmente pelo método dos mínimos quadrados utilizando software comercial para ajuste de curvas. Em seguida foi feita a extrapolação da eficiência para determinação da atividade real por fonte. Os valores de atividade real por fonte foram avaliados estatisticamente para a obtenção da atividade real final e incertezas, sendo que, dois valores foram rejeitados.

2.2. Método CIEMAT/NIST

O método CIEMAT/NIST de cintilação líquida é utilizado para a padronização de

radionuclídeos, que decaem por emissão de partícula β , β - γ e ec (captura eletrônica)- γ .

O método CIEMAT/NIST se baseia no cálculo teórico de eficiência de detecção de uma amostra em função do Parâmetro livre ou Figura do Mérito. A figura do mérito não pode ser medida experimentalmente e o parâmetro indicador de *quenching* não pode ser calculado teoricamente, entretanto, a relação entre a figura do mérito e o parâmetro indicador de *quenching* pode ser obtida pela contagem do *quenching* de um conjunto de padrões de ^3H (Trício-3). Se a amostra é preparada no mesmo cintilador líquido usado na obtenção do *quenching* do padrão do ^3H , a relação entre a figura do mérito e o parâmetro indicador de *quenching* obtido usando o ^3H , é válida para qualquer outra amostra radioativa que use este cintilador [7].

Na padronização do ^{153}Sm pelo método CIEMAT/NIST foram utilizadas 8 fontes com coquetel de cintilação Hisafe3, as mesmas utilizadas no método de anti-coincidência. Foram utilizadas 8 fontes padrão de ^3H , nas quais foi adicionado quantidade crescente de agente *quenching* (Nitrometano). Os componentes do sistema de medição utilizados foram: espectrômetro para cintilação em meio líquido Winspectral Alpha/Beta modelo 1414 da LKB-WALLAC; códigos computacionais CN2003 [8] usado para a obtenção da curva de eficiência teórica, em função da figura de mérito e LSCP usado para o cálculo da atividade por unidade de massa das amostras de interesse [9].

3. RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os valores de atividade por unidade de massa do ^{153}Sm obtidos pelos sistemas de anti-coincidência e CIEMAT/NIST. Os resultados foram corrigidos para radiação de fundo e decaimento, e referenciados para a mesma data e hora. A diferença percentual obtida

entre as atividades foi de 0,15%, e indica uma boa concordância entre os métodos.

Tabela 1: Valores de atividade e incertezas do ^{153}Sm obtidos pelos Métodos de Anti-coincidência e CIEMAT/NIST

Método	Atividade (kBq/g)	u_c (%)
Anti-coincidência	967,98	0,29
CIEMAT/NIST	966,50	0,38
Data e hora de referência 25/11/2013, 12:00 h.		

A figura 1 mostra a curva de eficiência do ^{153}Sm obtida pelo método de anti-coincidência, e a aplicação do método de extrapolação da eficiência beta ε_β para a determinação da atividade real por fonte. Estão representados os valores da atividade aparente versus parâmetros de eficiência, a equação de ajuste da reta, o coeficiente de correlação, e as barras de incertezas.

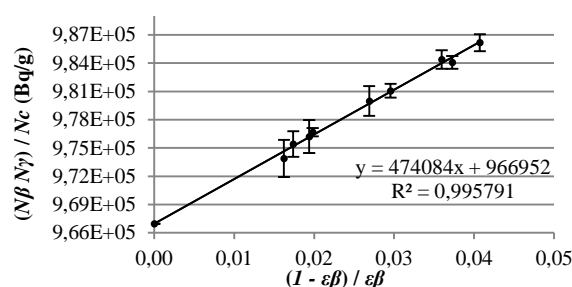


Figura 1: Curva de extrapolação do ^{153}Sm .

A tabela 2 mostra as incertezas combinadas encontradas na padronização absoluta da atividade do ^{153}Sm neste trabalho, e as publicadas na literatura com os respectivos métodos.

A incerteza desse trabalho mostra-se compatível com as publicadas. Os termos PC e LS nas nomenclaturas dos métodos informam os tipos de detectores beta usados, Proporcional Counter (Contador Proporcional) e Liquid Scintillation (Cintilador Líquido).

Tabela 2: Valores de incerteza encontrados na padronização absoluta da atividade do ^{153}Sm obtidos na literatura

Referência	Método	u_c (%)
Schötzig et al., 1999	Coincidência $4\pi(PC)\beta\text{-}\gamma$	0,10
Bowles et al., 1998	Coincidência $4\pi(PC)\beta\text{-}\gamma$	0,09
Dziel et al., 2014	Anti- coincidência e Coincidência $4\pi(LS)\beta\text{-}\gamma$	0,40
Este trabalho	Anti- coincidência $4\pi(LS)\beta\text{-}\gamma$	0,29

4. CONCLUSÃO

A consistência entre as padronizações do ^{153}Sm pelos métodos de anti-coincidência e CIEMAT/NIST, e os valores de incerteza compatíveis com os publicados na literatura são indicativos de uma boa padronização.

5. REFERÊNCIAS

- [1] ZIMMERMAN, B. E., JUDGE, S., 2007, “Traceability in nuclear medicine”. *Metrologia*, 44 (2007) S127–S132 doi:10.1088.
- [2] INMETRO, 2012, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Vocabulário Internacional de Metrologia. VIM, 1a edição Luso – Brasileira.
- [3] BOWLES, N. E., et al., 1998, “Standardization of ^{153}Sm ”. *Appl. Radiat. Isot.*, Vol. 49, No. 9-11, pp. 1345-1347, 1998.
- [4] SCHÖTZIG, U., SCHÖFELD, E., GÜNTHER, E., et al., 1999, “Standardization and decay data of ^{153}Sm ”. In: *Appl. Radiat. Isot.*, 51, pp. 169-175.
- [5] DZIEL, T., et al. 2014, “Standardization of Sm-153 solution by absolute methods”. *Appl. Radiat. Isot.*, 87(2014)19–23.
- [6] da SILVA, C., J. 2008. Implementação de um Sistema de Anti-coincidência $4\pi\text{NaI(Tl)}\text{-CL}$ com Cronometragem em Tempo Vivo e Tempo Morto Extendível. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Dezembro 2008, Rio de Janeiro, Brasil.
- [7] KULKARNI, D.B., 2011, “Standardization of ^{131}I : Implementation of CIEMAT/NIST method at BARC, India”. *Appl. Radiat. Isot.*, 69(2011)1512–1515.
- [8] GUNTER, 2003. Program CN2003: A program to calculate the LC efficiency of a nuclide vs. efficiency the tracer H-3 (CIEMAT/NIST), PTB/Germany.
- [9] AGUSTIN GRAU MALONDA, 1995. Modelos de Parâmetro Libre en Centelleo Liquido. Editorial CIEMAT, Madrid.