

# Metodologia para determinação da atividade de radionuclídeos por sistema de espectrometria gama

**Maria da Conceição de Farias Fragoso<sup>1</sup>, Victor Rogério S. de Oliveira<sup>1</sup>, Mércia L. Oliveira<sup>1</sup>, Fernando Roberto de Andrade Lima<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE) / Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)

E-mail: mariacc05@gmail.com

## **Resumo:**

Devido ao crescimento do número de procedimentos que fazem uso da tomografia por emissão de pósitrons (PET), observa-se a necessidade por soluções padrões para calibração dos sistemas de medição dos radiofármacos PET (ativímetros), nas radiofarmácias e nos serviços de medicina nuclear. Dentre as alternativas existentes para a padronização de fontes radioativas, o método conhecido como espectrometria gama é amplamente utilizado para radionuclídeos de meia-vida curta. O propósito deste trabalho foi implementar a metodologia para padronização das soluções de  $^{18}\text{F}$  por espectrometria gama, no Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE/CNEN).

**Palavras-chave:** HPGe; metrologia; ativímetros;  $^{18}\text{F}$ ; espectrometria gama

## **Abstract:**

Due to the growth in the number of procedures that make use of the positron emission tomography (PET), there is a need for standard solutions for the calibration of the systems used for the measurement of the PET radiopharmaceutical (activimeter) in radiopharmacies and in nuclear medicine services. Among the existing alternatives for the standardization of radioactive sources, the method known as gamma spectrometry is widely used for short-lived radionuclides. The purpose of this study was to implement the methodology for standardization of the  $^{18}\text{F}$  solutions by gamma spectrometry at the Regional Center for Nuclear Sciences of the Northeast (CRCN-NE/CNEN).

**Keywords:** HPGe; metrology; activimeter;  $^{18}\text{F}$ ; gamma spectrometry

## **1. INTRODUÇÃO**

Radionuclídeos de meia-vida curta ( $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{18}\text{F}$ ,  $^{68}\text{Ga}$ ,  $^{82}\text{Rb}$ ) estão sendo cada vez mais utilizados nas práticas da medicina nuclear devido ao

aumento da disponibilidade de radionuclídeos emissores de pósitrons, juntamente aos avanços da tomografia por emissão de pósitrons (PET-*Positron Emission Tomography*). Diante disso, torna-se necessário que os instrumentos utiliza-

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

dos para as medições da atividade dos radionuclídeos (ativímetros) sejam calibrados com exatidão para assim garantir a confiabilidade destas medições.

Em virtude do crescimento do número de procedimentos que fazem uso da PET e do  $^{18}\text{F}$ , observou-se o aumento da demanda por soluções de referência deste radionuclídeo. Contudo, a meia-vida curta do  $^{18}\text{F}$  (1,8288 h) (LNHB, 2014) dificulta a distribuição de seus padrões para outros laboratórios e serviços de medicina nuclear (SMN).

A espectrometria gama consiste em um método analítico capaz de fornecer informações qualitativas e quantitativas de radionuclídeos emissores gama, obtidas mediante a aquisição e análise de seus espectros de emissão, sendo amplamente utilizada na metrologia de radionuclídeos. Em virtude de sua praticidade e confiabilidade dos resultados obtidos, permite a calibração de amostras de referência independentemente das possíveis contribuições de impurezas que possam existir, além da possibilidade de serem utilizadas diversas geometrias de medição. Desta forma, este método de medição da grandeza atividade tornou-se uma excelente alternativa para a padronização de radionuclídeos de meia-vida curta (DEBERTIN, 1985; CHALLAN, 2013; FRAGOSO, 2014).

Na determinação da atividade por meio de sistemas de espectrometria gama, um dos principais parâmetros a ser considerado é a eficiência de detecção, a qual dependente de fatores como a energia da radiação, geometria de medição e tamanho do detector. Portanto, curvas de calibração em eficiência devem ser determinadas experimentalmente para cada sistema de medição e geometria de contagem, uma vez que permitem a obtenção das eficiências e, por conseguinte, as atividades das amostras de interesse.

O propósito deste trabalho foi implementar a metodologia para a obtenção de soluções de

referência de  $^{18}\text{F}$  por meio de sistema de espectrometria gama.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Materiais

Para a realização do método de espectrometria gama foi utilizado um detector HPGe, CANBERRA, modelo GC1018, coaxial, eficiência relativa de 10% e resolução de 1,8 keV para a energia de 1332 keV do  $^{60}\text{Co}$ . No arranjo experimental foi utilizado um suporte de acrílico, o que resultou em uma distância fonte-detector de 15 cm. A aquisição e análise dos espectros foram realizadas mediante o uso do software GENIE 2000. Foram utilizados três ativímetros comerciais (fabricantes Capintec, Biodex e PTW). Estes equipamentos foram submetidos aos testes de controle da qualidade estabelecidos por normas nacionais e internacionais (CNEN, 2013; LNHB, 2006; NPL, 2006), com o intuito de assegurar a confiabilidade das medições de radiofármacos.

As soluções de referência foram preparadas na geometria frasco padrão CRCN. As características das soluções-mãe fornecidas pelo Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN) e utilizadas neste experimento são apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1:** Características das soluções-mãe utilizadas nos procedimentos experimentais do CRCN-NE/CNEN.

Radionuclídeo	Atividade por unidade de massa (kBq/g)	Data de Referência
$^{68}\text{Ge}$	$77,99 \pm 0,02$	09/02/2012
$^{137}\text{Cs}$	$57,32 \pm 0,01$	27/02/2012
$^{152}\text{Eu}$	$8,31 \pm 0,03$	21/11/2006

Para a determinação das massas foi adotado o método de pesagem diferencial, com o auxílio de

picnômetros de polietileno, em uma balança BIO-PRECISA (SIBBENS; ALTZITZOGLOU, 2007).

## 2.2. Procedimentos experimentais

Para a calibração em eficiência foram utilizadas fontes padrão com atividades, energias e probabilidades de emissão bem conhecidas (tabela 2). A eficiência é determinada por meio da seguinte equação:

$$\varepsilon = \frac{N}{A \cdot P_{\gamma} \cdot t \cdot m} \cdot f_r \quad (1)$$

onde: A é atividade por unidade de massa; N é a taxa de contagem em uma determinada energia;  $\varepsilon$  é a eficiência de detecção para a energia  $E_{\gamma}$ ;  $P_{\gamma}$  é a intensidade de emissão gama; t é o tempo de contagem; m é a massa da amostra e  $f_r$  é o fator de correção para a data de referência, após o decorrido o tempo t.

**Tabela 2:** Fontes padrão utilizadas para a calibração em eficiência do sistema de espectrometria gama com detector HPGe do CRCN-NE/CNEN.

Radionuclídeo	Meia-vida <sup>a</sup>	Emissão Gama	
		E (keV)	P(%)
<sup>137</sup> Cs	30,05 (08) a	661,657	84,99
<sup>152</sup> Eu	13,522 (16) d	121,781	28,41
		244,697	7,55
		344,278	26,59
		443,96	2,80
		778,904	12,97
		964,079	14,50
		1112,07	13,41
		1408,01	20,85

<sup>a</sup>Laboratoire National Henri Becquerel (LNHB, 2014).

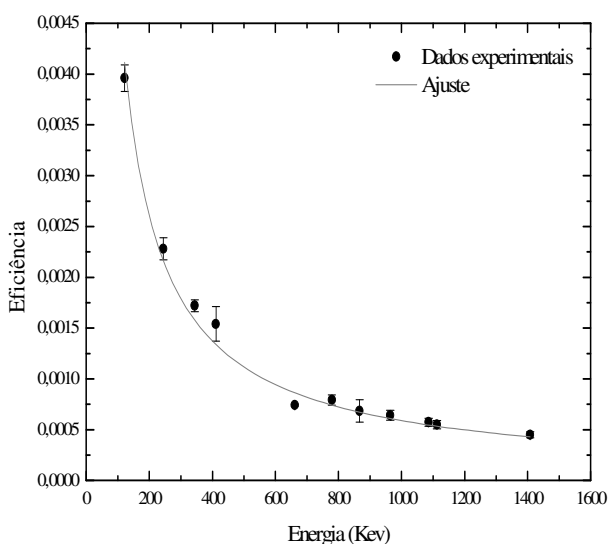
Com o intuito de verificar a confiabilidade deste método, medições com uma amostra padrão de <sup>68</sup>Ge foram realizadas na mesma geometria. Em virtude deste radionuclídeo ser um emissor de pósitrons puro, foi proposto como um substituto de meia-vida longa (270,95 d) para o <sup>18</sup>F (LNHB, 2014). Por conseguinte, as amostras de <sup>18</sup>F foram medidas nas mesmas condições

adotadas para as fontes padrão. Para determinar as atividades por unidade de massa das amostras, foi utilizada a equação 1. Para comparação dos resultados obtidos com o sistema de espectrometria gama, medições adicionais da amostra de <sup>18</sup>F foram realizadas nos três ativímetros comerciais (Capintec, Biodex e PTW).

## 3. RESULTADOS

A curva de calibração em eficiência foi determinada experimentalmente (figura 1) para a geometria padrão CRCN (frasco de vidro com 5 ml de solução radioativa), na faixa de energia de 122 a 1428 keV. Esta curva foi obtida utilizando-se fontes padronizadas de <sup>137</sup>Cs e <sup>152</sup>Eu.

O ajuste da curva foi realizado, possibilitando a obtenção das eficiências de contagens e das atividades dos radionuclídeos de interesse. O resultado obtido para a amostra de <sup>68</sup>Ge foi 76,062 kBq/g. Este resultado foi comparado ao valor fornecido pelo certificado de calibração da fonte (LNMRI/IRD) obtendo-se um erro de 2,47 %.



**Figura 1:** Curva de calibração em eficiência do sistema de espectrometria gama com detector HPGe, na faixa de energia de 122 a 1408 keV.

No que se refere às medições com a amostra de  $^{18}\text{F}$ , os resultados obtidos no sistema de espectrometria gama e nas câmaras de ionização tipo poço são apresentados na tabela 3.

**Tabela 3:** Comparação entre os valores das atividades por unidades de massa do  $^{18}\text{F}$  (geometria frasco padrão CRCN) obtidos pelos métodos de espectrometria gama e câmara de ionização tipo poço.

Sistema de Medição	Atividade por unidade de massa (kBq/g)	Erro (%)
HPGe	111,50	
PTW	111,37	0,11
BIODEX	99,64	10,64
CAPINTEC	110,85	0,58

Com base nos resultados experimentais obtidos neste trabalho, verificou-se um desempenho satisfatório dos ativímetros Capintec e PTW. No entanto, o Biodex apresentou resultados com erros percentuais da ordem de 10%. Diante disso, verificou-se a necessidade de calibrar o equipamento para a energia do  $^{18}\text{F}$ .

#### 4. CONCLUSÕES

A metodologia para obtenção de soluções de referência de  $^{18}\text{F}$  foi implementada no Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE). Os resultados demonstraram boa concordância, comprovando que a técnica de espectrometria gama por meio do uso da curva de eficiência consiste em uma excelente alternativa para a determinação da atividade de radionuclídeos emissores de pósitrons de meia-vida curta, independente da geometria de medição.

#### 5. REFERÊNCIAS

CHALLAN, M.B. Gamma-ray efficiency of a HPGe detector as a function of energy and

geometry. *Appl Radiat Isotopes*, v. 82, p. 166-169, 2013.

CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear – CNEN-NN- 3.05**. Rio de Janeiro, 2013.

DEBERTIN, K. **A guide and instruction for determining  $\gamma$ -ray emission rates with germanium detector systems**. Alemanha: PTB, 1985.

FRAGOSO, M.C.F. **Metodologia para padronização de radiofármacos PET baseados em  $^{18}\text{F}$  para calibração de ativímetros**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

LNHB. LABORATOIRE NATIONAL HENRI BECQUEREL. **Guide d'utilisation et de contrôle qualité des activimètres. Société française de radiopharmacie**. França: LNHB, 2006.

LNHB. LABORATOIRE NATIONAL HENRI BECQUEREL. Recommended data. Disponível em: <[http://www.nucleide.org/DDEP\\_WG/DDEP\\_data.htm](http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEP_data.htm)> Acesso em: 10 jan. 2014

NPL. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. **Protocol for Establishing and Maintaining the Calibration of Medical Radionuclide Calibrators and their Quality Control. Measurement Good Practice Guide N° 93**. Londres: NPL, 2006.

SIBBENS, G.; ALTZITZOGLOU, T. **Preparation of radioactive sources for radionuclide metrology**. *Metrologia*, v. 44, p. S71-S78, 2007.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Metrologia das Radiações em Medicina (INCT-MRM) e à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).