

Comparação entre fontes de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ na calibração de monitores de área para nêutrons na grandeza $H^*(10)$

W.W. Pereira^{1,2}, J.J.S. Estrada^{2,4}, C.A.L.S. Filho¹, F.S. Silva¹, K.C.S. Patrão¹,
C.F.E. Alves³, L.A.G. Magalhães³, S.P. Leite^{2,3}

¹ Instituto de Radioproteção e Dosimetria; ² Fundação Técnico Educacional Souza Marques;
³ Universidade do Estado do Rio de Janeiro; ⁴ Instituto Militar de Engenharia

E-mail: walsanwagner@gmail.com

Resumo: Recentemente o Laboratório de Ciências Radiológicas (LCR/UERJ) caracterizou uma fonte de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ para uso metroológico. Essa fonte é originária da indústria do petróleo e era parte de uma ferramenta para perfilagem de poços de hidrocarbonetos. Neste trabalho, essa fonte foi utilizada na calibração de um monitor de área utilizando o procedimento e as instalações do Laboratório de Metrologia Nêutrons pertencente ao Laboratório Nacional de Metrologia de Radiações Ionizantes (LN/LNMRI). Os resultados da calibração com a fonte de nêutrons do LCR apresentaram-se coerentes quando comparados com aqueles obtidos quando a fonte de nêutrons do LN/LNMRI foi utilizada.

Palavras-chave: calibração, monitor de área, fonte de nêutrons.

Abstract: Recently the *Laboratório de Ciências Radiológicas* (LCR / UERJ) characterized a $^{241}\text{AmBe}(\alpha, n)$ neutron source for metrological use. This source comes from the Oil Company and it was originally used in well logging tools. In this work, this source was used in the calibration of an survey meter using procedures and facilities of the *Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes* (LN/LNMRI). The results of the calibration with the LCR neutron source agreed with those obtained when the LN/LNMRI neutron source was used.

Keywords: calibration, survey meter, neutron source.

1. INTRODUÇÃO

Desde 2015 o LCR tem realizado a caracterização de uma fonte de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ para ser utilizada em seu futuro serviço de calibração de monitores de área para nêutrons. Essa fonte é originária da indústria do petróleo e era utilizada numa ferramenta de perfilagem de poços de hidrocarbonetos. No encapsulamento dessa fonte há um registro de sua atividade

nominal, sendo de 148 GBq (4 Ci) na data 04/1981. A geometria cilíndrica dessa fonte, com 6,7 cm de altura e 1,9 cm de diâmetro, difere da maioria das fontes frequentemente utilizadas em procedimentos de calibração, que são cilindros com altura semelhante ao diâmetro.

O procedimento de caracterização [1] foi realizado no Laboratório de Metrologia de Nêutrons do Laboratório Nacional de Metrologia

de Radiações Ionizantes (LN/LNMRI) considerando etapas conduzidas tanto por simulação como experimentalmente. Os parâmetros estudados foram a taxa de emissão de nêutrons, o espectro e a anisotropia da fonte. A taxa de emissão de nêutrons foi obtida pelo método do Banho de Sulfato de Manganês (BSM) [2] e por comparação com medidas realizadas utilizando um detector do tipo *Precision Long Counter* (PLC). Na determinação do espectro dessa fonte foi utilizado o espectrômetro de multiesferas de Bonner. O fator de anisotropia foi medido utilizando-se o PLC anteriormente mencionado e calculado por meio do código MCNP [3].

Esses parâmetros são importantes para a determinação do valor do equivalente de dose ambiente, grandeza operacional utilizada na calibração de monitores de área.

Este trabalho utiliza os resultados obtidos na caracterização da fonte de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ do LCR para realizar o procedimento de calibração de um monitor de área para nêutrons no LN/LMNRI. Os resultados da calibração para a fonte de nêutrons caracterizada foram comparados com a calibração realizada utilizando-se a fonte de referência do LN/LMNRI para a calibração de monitores de área.

2. METODOLOGIA

O monitor de área para nêutrons utilizado nas calibrações foi um *FH 40 G Multi-Purpose Digital Survey Meter* associado a um *FHT 762 Wendi-2 Wide-Energy Neutron Detector*, ambos da *Thermo Fisher Scientific*. As calibrações foram realizadas nas instalações do LN/LNMRI e seguindo o mesmo procedimento utilizado em sua rotina de calibração de monitores de área para nêutrons, Figura 1.

O detector foi posicionado no arranjo experimental em diferentes distâncias da fonte de

nêutrons, tomando como referência o centro geométrico do monitor, de modo a permitir que o mesmo fosse irradiado com diferentes intensidades de fluxo de nêutrons.

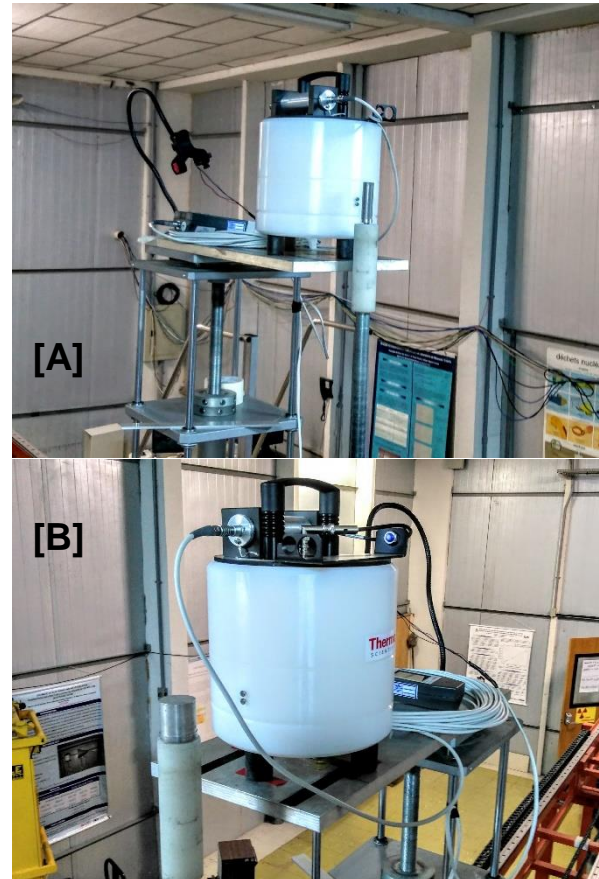


Figura 1: Monitor de área no arranjo experimental utilizado nas calibrações. (a) com a fonte do LCR; (b) com a fonte do LN/LNMRI.

Essas distâncias já estão definidas para a fonte de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ do LN/LNMRI, mas precisaram ser calculadas para a fonte de nêutrons $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ do LCR, de modo a fornecer ao detector o mesmo fluxo de nêutrons nos pontos de calibração, que correspondem à 20%, 50% e 80% da escala do instrumento. A posição de cada ponto de calibração foi calculada utilizando a equação 1:

$$H^*(10) = \frac{\dot{q}}{4\pi R^2} F(90^\circ).$$

$$.E(R)e^{-\Sigma R} h_\Phi^*$$

(1)

Onde $H^*(10)$ é o equivalente de dose ambiente, cuja unidade é o sievert (Sv);

\dot{q} é a taxa de emissão da fonte de nêutrons;

R é a distância entre a fonte e o monitor de área;

$F(90^\circ)$ é o fator de anisotropia na direção de calibração;

$E(R)$ é o espalhamento;

$e^{-\Sigma R}$ é o fator de correção para a atenuação do ar;

h^*_ϕ é o coeficiente de conversão de fluência para equivalente de dose ambiente. Os valores de h_ϕ são tabelados na norma ABNT NBR ISO 8529:3 [4] para os campos de nêutrons de referência recomendados pela ABNT NBR ISO 8529-1 [5]

Os dados do fator de anisotropia na direção de calibração $F(90^\circ)$ e a taxa de emissão da fonte de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ LCR são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Fator de anisotropia [$F(90^\circ)$] e taxa de emissão [\dot{q}] para a fonte de nêutrons do LCR

$F(90^\circ)$	\dot{q} [ns^{-1}]
$1,046 \pm 0,003$	$(9,678 \pm 0,073) \times 10^6$

Para cada ponto de calibração foram realizadas 10 medições da grandeza equivalente de dose ambiente. Segundo o procedimento de calibração do LN/LNMRI, um ajuste no instrumento deverá ser realizado quando o valor médio das leituras apresentar um desvio maior que 10% com relação ao valor de referência da grandeza definido para o ponto de calibração.

Depois de estabelecido as distâncias para a nova fonte de radiação foram feitas dez medições e obtido a média aritmética, bem como avaliado o desvio padrão para cada ponto de ensaio.

3. RESULTADOS

Os resultados das indicações do $H^*(10)$ pelo monitor de área nos respectivos pontos de calibração, quando exposto a fonte de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ do LCR e do LN/LNMRI, são apresentados na tabela 2. Também são listados os pontos de calibração para as duas fontes de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$.

Apesar da fonte de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ do LCR ter intensidade inferior ao da fonte de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ do LN/LNMRI, foi possível obter valores de $H^*(10)$ correspondentes aos valores estabelecidos pelo LN/LNMRI para as faixas de calibração do monitor de área.

A razão entre os valores de $H^*(10)$ indicados pelo monitor de área calibrado utilizando LCR e do LN ficaram todas abaixo de 10%, sendo o maior valor desta razão observada na maior distância fonte-detector.

4. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que a fonte $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ do LCR possui taxa de emissão de nêutrons que permite calibrar monitores nêutrons cuja escala varia de 20 a 5000 mSv/h. Não houve influência significativa do formato da fonte nos resultados da calibração. Estes resultados são válidos para a fonte em uma instalação de baixo espalhamento. Novos estudos deverão ser realizados para instalações que não podem ser denominadas como de baixo espalhamento, que será o caso da instalação do LCR.

Tabela 2. Valores de $H^*(10)$ medidos com fonte de $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ do LN/LNMRI e do LCR

Valor nominal de $H^*(10)$ ($\mu\text{Sv/h}$)	Distância fonte LN-detector (cm)	$H^*(10)$ fonte LN ($\mu\text{Sv/h}$)	Incerteza ($k = 2$) ($\mu\text{Sv/h}$)	Distância fonte LCR-detector (cm)	$H^*(10)$ fonte LCR ($\mu\text{Sv/h}$)	Incerteza ($k = 2$) ($\mu\text{Sv/h}$)	Razão entre $H^*(10)$ LCR/LN (%)
20	240,5	23,3	2,1	238,7	25,5	2,3	9,4
50	152,8	54,0	5,8	151,1	52,5	6,0	2,8
80	121,0	87,7	8,7	119,5	86,2	8,6	1,7
200	76,7	216	22	75,7	220,0	23	2,0
500	48,6	518	56	47,8	519,0	56	0,3
800	38,4	832	91	37,8	837,0	92	0,1
2000	24,3	$2,01 \times 10^3$	$2,5 \times 10^2$	23,9	$2,09 \times 10^3$	$2,6 \times 10^2$	4,0
5000	15,4	$5,15 \times 10^3$	$7,0 \times 10^2$	14,9	$5,29 \times 10^3$	$7,2 \times 10^2$	2,7

REFERÊNCIAS

[1] NEUTRON AND ION DOSIMETRY SYMPOSIUM, 13. $^{241}\text{AmBe}(\alpha,n)$ **Characterization for a new Laboratory Facility in Brazil.** Krakow, 2017.

[2] O'NEAL, R. D., SHARFF-GOLDHABER, G. "Determination of Absolute Neutron Intensities" *Physical Review*, v. 69, pp. 368, 1946

[3] Briesmeister, J. F., MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code", Los Alamos National Laboratory, Version 5, USA, 2003.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 8529-3:** Radiações de nêutrons de referência - Parte 3: Calibração de dosímetros individuais e de área e determinação de suas respostas em função da energia do nêutron e do ângulo de incidência. Rio de Janeiro, 2013.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 8529-1:** Radiações de nêutrons de referência - Parte 1: Características e métodos de produção. Rio de Janeiro, 2011.