

Caracterização de espectros neutrônicos com fontes de $^{241}\text{AmBe}$ e ^{252}Cf moderados em água.

AS Gonçalves^{1,2}, **FS Silva**¹, **KCS Patrão**¹, **ES da Fonseca**¹, **WW Pereira**^{1,2}

¹ Laboratório de Metrologia de Nêutrons, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, 22780-160, Rio de Janeiro, Brasil

² Fundação Técnico-Educacional Souza Marques, 21310-310, Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: angela.souzagon@gmail.com

Resumo: Este estudo apresenta a determinação da fluência de energia de nêutrons das fontes de $^{241}\text{AmBe}$ (592 GBq) e ^{252}Cf (120 μg). As medições foram realizadas no laboratório de baixo espalhamento do Laboratório de Metrologia de Nêutrons, a fim de obter um espectro mais realista. A determinação do espectro é baseada em uma espectrometria de esferas de Bonner, para o detector sem esfera e coberto com esferas de polietileno de diferentes diâmetros. Pretende-se caracterizar um novo espectro moderado na água, utilizando as fontes em estudo, buscando ser útil para testes, calibração e irradiação de monitores pessoais e medidores de área.

Palavras-chave: Metrologia; Espectrometria de Nêutrons; Esferas de Bonner; Monte Carlo.

Abstract: This study presents the determination of neutron energy creep from $^{241}\text{AmBe}$ (592 GBq) and ^{252}Cf (120 μg) sources. The measurements were carried out in the low scattering laboratory of the Neutron Metrology Laboratory, in order to obtain a more realistic spectrum. The determination of the spectrum is based on a Bonner spectrometry for the detector without a sphere and covered with polyethylene spheres of different diameters. It is intended to characterize a new moderate spectrum in water, using the sources under study, seeking to be useful for tests, calibrating and irradiating personal monitors and area meters.

Keywords: Metrology; Neutron Spectrometry; Bonner Spheres; Monte Carlo

1. INTRODUÇÃO

Os campos de nêutrons encontrados nos ambientes de trabalho se estendem por uma grande faixa de energia (PERKS, 1993). Todos os sistemas de monitoração individual de nêutrons apresentam respostas fortemente dependentes de energia, sendo imprescindível o conhecimento do espectro de nêutrons

(FREITAS, 2012). Desta forma, a caracterização de campos de nêutrons continua sendo uma necessidade para diversas aplicações em instalações nucleares, sendo fundamental determinar a taxa de dose de nêutrons associada a esses mesmos campos, o mais precisamente possível (EXLINE, 2011), (PIOCH, 2011).

Uma das técnicas mais precisas e confiáveis para medição da taxa de fluência de nêutrons para diferentes energias, é o Espectrômetro de Multiesferas de Bonner (EMB). A técnica consiste em utilizar um detector de nêutrons térmico (LiI) inserido no centro de diversas esferas de polietileno com diâmetros distintos. No EMB uma melhoria da função resposta de cada uma das esferas será obtida com a modelagem do sistema com o método computacional de Monte Carlo (MC). Essa modelagem também informará sobre a possibilidade de melhorar os resultados com o uso de esferas com outros diâmetros (AZA, 2016), (LEMOS, 2009).

O espectro de nêutrons gerado é oriundo das contagens obtidas pelas esferas, normalizadas para um valor de referência com sua matriz resposta para então ser deconvoluído utilizando o método de redes neurais para a aquisição de demais valores como fluência, equivalente de dose, energia média, entre outros. O espectrômetro disponível no LNMRI/LN necessita de contínua atualização para atender as necessidades de medição que estão surgindo. É necessário um programa de melhoria contínua (LEMOS, 2009).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Todas as medições foram realizadas no Laboratório de Baixo Espalhamento (LBE), que fica situado no Laboratório de Metrologia de Nêutrons (LN) pertencente ao Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), buscando a caracterização do espectro com o mínimo de influência possível. A técnica utilizada experimentalmente consiste em operar um detector de nêutrons (LiI) inserido no centro de diversas esferas de polietileno com diâmetros de: 5,08 cm (2"), 7,62 cm (3"), 12,70 cm (5"), 20,32 cm (8"), 25,40 cm (10") e 30,48 cm (12") a 100 cm de distância da fonte, conforme figura 1 e 2.



Figura 1: Esferas de polietileno pertencentes ao sistema de Multiesferas de Bonner.



Figura 2: Configuração entre a fonte de nêutrons e o detector.

Foram realizadas 7 medições para as fontes de $^{241}\text{AmBe}$ e ^{252}Cf do LN, sendo 1 medida sem esfera e 6 delas com o EMB. Posteriormente à caracterização dos espectros com as fontes livres no ar, com o intuito de moderar os nêutrons emitidos pelas fontes e identificar possíveis alterações no espectro, o mesmo procedimento fora realizado utilizando duas esferas de aço inoxidável (16 cm e 20 cm de raio) contendo água destilada em seu interior ao qual cada uma das fontes foram inseridas, segundo figura 3.

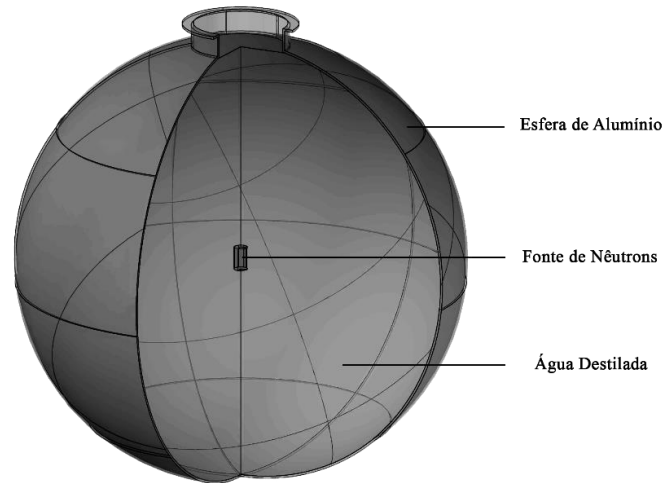


Figura 3: Modelo da esfera de aço utilizada para moderação das fontes de nêutrons.

O MC foi utilizado no desenvolvimento da modelagem do ambiente ao qual se encontra a configuração do detector e a fonte de nêutrons, dentro do LBE no LN, conforme figura 4. Todas as modelagens acompanham os procedimentos de 1 medida sem esfera e 6 delas com EMB o mesmo sendo repetido para cada esfera moderadora de aço.

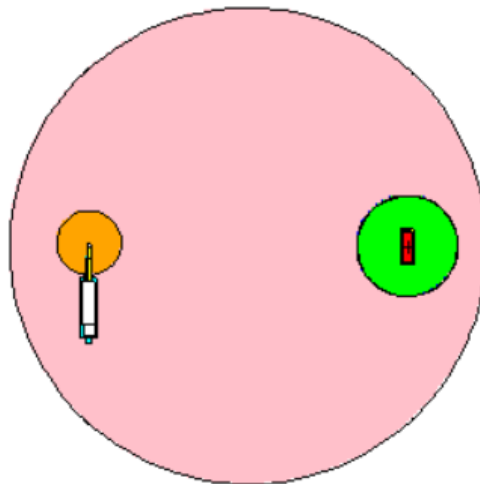


Figura 4: Modelagem da configuração detector com EMB e fonte com esfera moderadora.

Desta forma, foi realizado o levantamento do espectro neutrônico, com e sem moderação, para cada fonte em estudo. O cálculo da fluência em energia para as fontes estudadas, considerando as condições anteriormente citadas, foi realizado utilizando um programa criado pelo próprio laboratório, o NeuraLN. Por meio deste programa, foi possível chegar à construção dos espectros das fontes e demais informações apresentadas nos resultados. O programa trabalha com 84 bins de energia que são distribuídos entre $1,0 \times 10^{-9}$ até $2,0 \times 10^{+1}$ MeV. Após o processo de deconvolução são gerados valores de energia diretamente relacionados às fontes, para cada um dos 84 bins, além das demais características de uma fonte de nêutrons.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido à interação entre os nêutrons emitidos pela fonte e os átomos de hidrogênio presentes na água, pode-se observar o processo de moderação que ocorre, criando uma redução nos nêutrons rápidos e uma redistribuição para a faixa epitérmica. Levando em consideração os resultados obtidos, é possível notar também a mudança de valores em determinados parâmetros como energia média, taxa de fluência e equivalente de dose. Através da fluência é possível demonstrar que número de nêutrons que chega no alvo é reduzido, isso devido a moderação e absorção de nêutrons de menor energia pela água contida nas esferas de aço.

A tabela 1 demonstra os valores obtidos de forma experimental, enquanto a tabela 2 apresenta os valores obtidos através da simulação. Ambas dispõem dos valores para as fontes de $^{241}\text{AmBe}$ e ^{252}Cf , sem esfera moderadora e com esfera moderadora de 16 cm e 20 cm de diâmetro, facilitando a comparação dos valores obtidos.

Tabela 1. Parâmetros determinados por meio da deconvolução dos espectros experimentais.

		Energia Média E (MeV)			Taxa de Fluência ϕ (d) (n.cm-2.s-1)			Taxa Eq. de Dose Ambiente $H^*(10)$ ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$)			Taxa Eq. de Dose Individual $H_p(10,0)$ ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$)		
AmBe	Sem Esfera	4,23094	±	0,21155	3,35E+02	±	1,68E+01	4,87E+02	±	2,43E+01	5,29E+02	±	2,64E+01
	Esfera 16cm	2,65122	±	0,13256	1,49E+02	±	7,45E+00	1,57E+02	±	7,83E+00	2,39E+02	±	1,20E+01
	Esfera 20cm	2,72518	±	0,13626	9,67E+01	±	4,83E+00	1,04E+02	±	5,21E+00	1,56E+02	±	7,79E+00
Cf	Sem Esfera	2,06296	±	0,10315	3,09E+02	±	1,55E+01	4,33E+02	±	2,16E+01	4,49E+02	±	2,25E+01
	Esfera 16cm	1,63494	±	0,08175	8,17E+01	±	4,08E+00	5,60E+01	±	2,80E+00	5,86E+01	±	2,93E+00
	Esfera 20cm	1,50490	±	0,07525	4,45E+01	±	2,23E+00	2,94E+01	±	1,47E+00	3,07E+01	±	1,54E+00

Tabela 2. Parâmetros determinados por meio da deconvolução dos espectros simulados.

		Energia Média E (MeV)			Taxa de Fluência ϕ (d) (n.cm-2.s-1)			Taxa Eq. de Dose Ambiente $H^*(10)$ ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$)			Taxa Eq. de Dose Individual $H_p(10,0)$ ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$)		
AmBe	Sem Esfera	4.23289	±	0.21164	1.16E-01	±	5.82E-03	1.69E-01	±	8.45E-03	1.78E-01	±	8.90E-03
	Esfera 16cm	2.66632	±	0.13332	5.38E-02	±	2.69E-03	5.88E-02	±	2.94E-03	6.15E-02	±	3.07E-03
	Esfera 20cm	2.83248	±	0.14162	3.53E-02	±	1.77E-03	3.84E-02	±	1.92E-03	4.01E-02	±	2.01E-03
Cf	Sem Esfera	2.09690	±	0.10484	1.01E+00	±	5.05E-02	1.41E+00	±	7.07E-02	1.47E+00	±	7.35E-02
	Esfera 16cm	1.88600	±	0.09430	3.23E-01	±	1.61E-02	2.38E-01	±	1.19E-02	2.50E-01	±	1.25E-02
	Esfera 20cm	1.96006	±	0.09800	1.61E-01	±	8.06E-03	1.23E-01	±	6.14E-03	1.29E-01	±	6.44E-03

4. CONCLUSÕES

Vários fatores podem influenciar os resultados obtidos e as incertezas atribuídas, principalmente se comparados os valores experimentais e simulados. Devido ao espalhamento proveniente do setup, os valores obtidos experimentalmente não coincidem com os simulados pois nas simulações tudo o que compõe o laboratório, desde equipamentos eletrônicos até objetos não é levado em consideração na simulação.

Portanto, conforme os resultados apresentados, é possível observar a importância do estudo de espectros para fontes de nêutrons moderadas em água devido ao aumento da incidência de nêutrons com baixa energia, podendo ocasionar uma sub ou superestimação no uso de instrumentos calibrados em ambientes nucleares que envolvam o uso de fontes de nêutrons.

AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

Laboratório de metrologia de nêutrons - LN

REFERÊNCIAS

AZA, E. et al. A Bonner Sphere Spectrometer for Pulsed Fields. Radiation Protection Dosimetry. Vol. 168, No 2, pp. 149-153. 2016.

EXLINE, P. R. Characterization of Modified Neutron Fields with Americium-Beryllium and Californium-252 Sources. M. Sc. Thesis. Georgia Institute of Technology. EUA, 2011.

FREITAS, B. M. Estudo da contribuição de espalhamento na determinação do valor do equivalente de dose individual para irradiações de monitores individuais de nêutrons em fontes de $^{241}\text{AmBe}$ no salão de baixo espalhamento do laboratório de nêutrons do laboratório nacional de metrologia das radiações ionizantes. Monografia, UFRJ/COPPE, Brasil, 2012.

LEMOS Junior, R. M. Desdobramento de Espectros de Nêutrons Utilizando o Método de Monte Carlo e Redes Neurais. Tese, UFRJ/COPPE, Brasil, 2009

PERKS, C. A., 1993, The Karlsruhe TLD Service for Albedo Neutron Dosimetry. In: Oberhofer, M., Scharmann, A. (eds), Techniques and Management of Personal Thermoluminescence Dosimetry Services, Brussels and Luxembourg, Kluwer academic Publishers.

PIOCH, C. et al. Calibration of a Bonner Sphere Spectrometer in Quasi-monoenergetic Neutron Fields of 244 and 387 Mev. JINST, 2011.