



Voltar

**Caracterização do fluxo de nêutrons epitérmicos do reator IEA-R1 utilizando o método *bare triple monitor* para o uso em análise por ativação**

**Aluno: João Pedro de Oliveira Flores e Renato Semmler  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN**

## INTRODUÇÃO

O método  $k_0$ <sup>[1]</sup> de ativação neutrônica, desenvolvido pelo Institute for Nuclear Sciences, em Gent, Bélgica, é uma técnica de análise por ativação com nêutrons considerada "quase absoluta", que, em razão da sua excelente exatidão e praticidade, surgiu como técnica alternativa e complementar ao método comparativo, que tem sido utilizado com sucesso em inúmeros experimentos realizados pelo Laboratório de Ativação Neutrônica (LAN) do IPEN.

A utilização do método  $k_0$  requer uma caracterização precisa das instalações de irradiação e do sistema de detecção. A caracterização precisa da instalação de irradiação requer a determinação da razão entre os fluxos de nêutrons térmico e epitérmico ( $f$ ) e do parâmetro ( $\alpha$ ) relacionado com a distribuição de fluxo de nêutrons epitérmicos, aproximadamente dada por  $1/E^{1+\alpha}$ . É uma medida de quanto se afasta o fluxo de nêutrons epitérmicos do

de irradiação possibilitará a implantação e utilização do método  $k_0$  de ativação neutrônica no Laboratório de Ativação para irradiações de curta duração (até 30min).

## METODOLOGIA

O valor do parâmetro alfa foi determinado pelo método *bare triple monitor*. Um conjunto de três monitores (<sup>97</sup>Zr, <sup>95</sup>Zr e <sup>198</sup>Au) foi irradiado, sem cobertura de cádmio, sob um fluxo de nêutrons térmicos. Em seguida, as atividades induzidas ( $A_{sp}$ ) nestes monitores foram obtidas utilizando-se um detector de Ge hiperpuro devidamente calibrado em eficiência.

A razão ( $f$ ) entre os fluxos de nêutrons térmico e epitérmico foi determinada pelo método dos "bi monitores" utilizando-se os dois isótopos do Zircônio (<sup>97</sup>Zr, <sup>95</sup>Zr).

## RESULTADOS

A curva de eficiência para o espectrômetro de HPGe (marca Canberra modelo GX20190 de geometria cilíndrica e

comportamento ideal  $1/E$ . Estes parâmetros são característicos da posição de irradiação no reator nuclear. Na caracterização do sistema de detecção, um parâmetro de grande importância a ser determinado é a eficiência de detecção no intervalo de energia de interesse e na geometria do arranjo experimental.

O objetivo principal do presente trabalho consistiu na determinação dos parâmetros  $\alpha$  e  $f$  do espectro de nêutrons epitérmicos  $E^{(1+\alpha)}$  para a estação pneumática do reator IEA-R1, utilizando o método *bare triple monitor*<sup>[2]</sup> e o método dos bi-monitores<sup>[2]</sup>. Uma caracterização precisa desta posição

nêutrons térmicos ( $G_{th}$ ) e epitérmicos ( $G_e$ ) não terem sido levados em conta neste trabalho, os resultados obtidos se aproximam do valor obtido por Semmler<sup>[3]</sup> ( $0,043 \pm 0,008$ ) para o mesmo dispositivo de irradiação e condições de geometria.

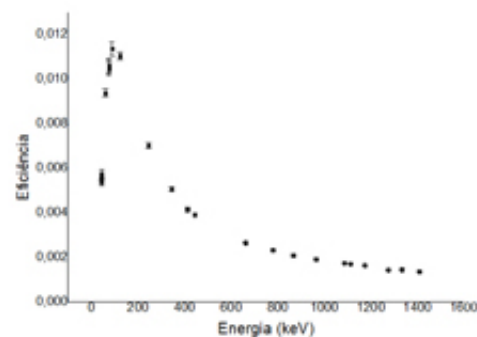


Figura 1: Curva de eficiência obtida para o detector HPGe em função da energia gama. Distância fonte-detector: 100 mm

O valor obtido para o parâmetro  $f$  foi  $35,41 \pm 0,23$ . Semmler<sup>[3]</sup> obteve o valor  $35 \pm 2$  na mesma condição de irradiação e geometria. O valor obtido de  $f$  mostra que os nêutrons na posição de irradiação não são bem

colimados, ou geometria diferente. A eficiência relativa de 20% e resolução de 1,90 keV para a energia de 1332,5 keV do  $^{60}\text{Co}$  foi determinada utilizando as fontes padrões de  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  e  $^{243}\text{Am}$ , com energias variando de 43 keV até 1408 keV. A curva de eficiência do detector em função da energia é mostrada na figura 1.

Na determinação do parâmetro  $\alpha$ , e *monitor* foi utilizado o software wolframalpha e o método da bissecção e os valores obtidos foram, respectivamente,  $0,0391 \pm 0,0012$  e  $0,0393 \pm 0,0005$ . Apesar dos fatores de correção para auto-blindagem para os

com a distribuição de fluxo de nêutrons epitérmicos. Estes parâmetros são característicos da posição de irradiação no reator nuclear.

Estes parâmetros não haviam sido determinados anteriormente, a não ser por Semmler<sup>[3]</sup>, que iniciou este trabalho em 2011. Desta forma mais dados experimentais precisam ser obtidos para verificação da consistência dos resultados. Os valores obtidos neste trabalho estão de acordo com os obtidos por Semmler<sup>[3]</sup>, mas ainda é preciso verificar os parâmetros experimentais obtidos neste trabalho através da determinação das concentrações utilizando algum material de referência padrão.

O método  $k_0$  apresenta um tratamento teórico bem rigoroso e as medidas experimentais exigem um cuidado extremo. Dessa forma a dificuldade para adaptação e familiarização com o método me exigiu um grande esforço. Por isso, por enquanto, optou-se por se fazer uma única irradiação dos monitores. A idéia principal foi o aprendizado do método e o contato com as técnicas nucleares envolvidas.

na posição de irradiação não são bem termalizados. A contribuição do espectro de nêutrons epitérmicos à reação  $(n, \gamma)$  é bastante significativo.

## CONCLUSÕES

Os parâmetros  $\alpha$  e  $f$  do espectro de nêutrons epitérmicos  $E^{-(1+\alpha)}$  para a estação pneumática (dispositivo para irradiações de curta duração - até 30min) foram obtidos utilizando, respectivamente, o método bare triple monitor e o método dos bi-monitores.

Os valores de  $\alpha$  e de  $f$  são importantes para para a determinação da concentração de um determinado elemento na amostra. Dessa forma, a caracterização precisa da instalação de irradiação (posição de irradiação) requer a determinação da razão entre os fluxos de nêutrons térmico e epitérmico ( $f$ ) e do parâmetro  $\alpha$  relacionado

estudo realizado em 2012.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] A. SIMONITS, F. DE CORTE, J. HOSTE. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 24, 31–46, 1975.

[2] F. DE CORTE, L. MOENS, A. SIMONITS, A. DE WISPERLAERE, J. HOSTE. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 52, 295, 1979.

[3] R. SEMMLER, A. M. G. FIGUEIREDO J. P. O. FLORES, O. L. GONÇALEZ, C. A. FEDERICO. XXXV Reunião de Trabalho sobre Física Nuclear no Brasil, Maresias, SP, 2012

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq – PIBIC/PROBIC

[Voltar](#)