

Determinação Experimental da Constante de Decaimento de Nêutrons Prontos do Reator IPEN/MB-01 via o Método Rossi- α

Renato Kuramoto, Adimir dos Santos, Rogério Jerez, Ulysses D'Utra Bitelli,
Ricardo Diniz, Tufic Madi Filho, Samuel C. Santos

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP
ryrkuram@ipen.br

ABSTRACT

One major objective of this work is to experimentally estimate the *prompt neutron decay constant*, α , on the IPEN/MB-01 research reactor at São Paulo. In order to achieve our goal, we will use a microscopic noise technique called Rossi- α method. This method is based on the statistical nature of the fission-chain process. Using a coincidence acquisition system, the rationale is to experimentally determine the probability distribution of detecting neutrons from the same chain. Through a leastsquares fit of this distribution we estimate $\alpha = (\beta_{eff} - \rho) / \Lambda$. The α parameter will be measured for different sub-critical levels, and the ratio β_{eff} / Λ is obtained via extrapolation to $\rho = 0$. A specific acquisition system for Rossi- α measurements has been developed in order to achieve our objective. This system is based on a multichannel scaler controlled by *virtual instruments* that records the timing of all neutron events, allowing data analysis during the acquisition. The first measurements were performed using one BF_3 detectors positioned at the center of the core of IPEN/MB-01 research reactor. In this work we will present a preliminary set of Rossi- α measurements performed on the IPEN/MB-01 research reactor at São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os experimentos do reator IPEN/MB-01, destacam-se os de determinação de parâmetros cinéticos, principalmente os da fração efetiva de nêutrons atrasados[1]. Desde os primórdios da área nuclear a atenção dedicada à caracterização e detecção dos precursores de nêutrons atrasados tem sido intensa. As áreas de controle e de análise de acidentes e a transformação de período em reatividade, requerem o conhecimento da fração de nêutrons atrasados do j -ésimo grupo de precursores, β_j , das abundâncias relativas (β_j / β , onde $\beta = \sum \beta_j$), das constantes de decaimento de nêutrons atrasados, λ_j , e do tempo de geração de nêutrons prontos, Λ .

O volume 41 da *Progress in Nuclear Energy*[2] fornece o estágio atual do conhecimento relacionado aos parâmetros cinéticos, bem como reforça o fato da necessidade de novos experimentos. Assim, neste trabalho pretendemos determinar experimentalmente a constante de decaimento de nêutrons prontos, α , do reator IPEN/MB-01 através de uma técnica de análise de ruído microscópico denominada de método Rossi- α [3].

2. MÉTODO ROSSI- α

O método Rossi- α [3], sugerido inicialmente por Bruno Rossi[4], tem como objetivo, determinar experimentalmente a *constante de decaimento de nêutrons prontos*, α , a qual é dada por:

$$\alpha = \frac{\beta_{\text{eff}} - \rho}{\Lambda} \quad (1)$$

onde: β_{eff} é a *fração efetiva de nêutrons atrasados*; ρ é a *reatividade* do sistema; Λ , é o *tempo de geração de nêutrons prontos*. Esta técnica é baseada no fato de que as fissões em um reator nuclear não ocorrem de forma completamente aleatória devido à correlação temporal entre nêutrons que possuem um ancestral comum, ou seja, nêutrons provenientes de uma mesma cadeia de fissão.

O princípio do método Rossi- α é medir a distribuição de probabilidades de que um nêutron seja detectado em um intervalo de tempo Δ em t , dado que um nêutron foi detectado anteriormente no instante de tempo definido como $t=0$. Tal distribuição é chamada de *distribuição Rossi- α* , a qual é obtida iniciando um contador em um instante de tempo $t=0$, devido à detecção de um nêutron qualquer. Este primeiro evento é denominado de *trigger* da aquisição de dados. Utilizando um contador multicanal, define-se um intervalo de tempo a partir do *trigger*, denominado de *janela de observação*, onde o tempo de cada evento subsequente é registrado. A distribuição de intervalos de tempo entre pares de pulsos, fornece a distribuição Rossi- α [5]:

$$p(t) = A + Be^{-\alpha t} \quad (2)$$

onde o primeiro termo corresponde à amplitude dos *eventos aleatórios* (nêutrons provenientes de cadeias de fissão distintas), a qual é dada por:

$$A = N_g \varepsilon_g \lambda \quad (3)$$

sendo $N_g = \varepsilon_{ig} \lambda T$ o número de janelas de observação abertas durante um tempo T de aquisição de dados. As constantes ε_g e ε_c são as eficiências dos detectores que fornecem, respectivamente, os sinais de *trigger* e de contagem de pulsos. O segundo termo da eq. (2) corresponde à amplitude dos *eventos correlacionados* (nêutrons provenientes de uma mesma cadeia de fissão), e pode ser escrito como:

$$B = N_g \varepsilon_c \frac{D}{2\alpha\Lambda^2} \quad (4)$$

Na prática, a distribuição Rossi- α é construída de acordo com o esquema da Fig. 1[6]. Por intermédio de um ajuste da distribuição Rossi- α com a equação (2), podemos determinar o parâmetro α .

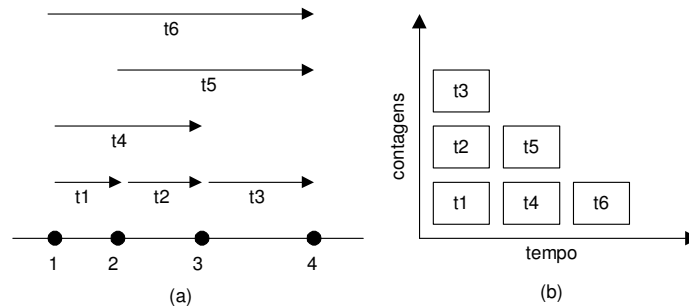


Fig. 1. Construção da distribuição Rossi- α [4]. (a) Quadrupeto de pulsos; (b) Distribuição Rossi- α .

3. ARRANJO EXPERIMENTAL

O Reator IPEN/MB-01[7] é uma Unidade Crítica que opera a uma potência máxima de $100W$. A Fig. 2 mostra um diagrama esquemático da configuração do núcleo do reator IPEN/MB-01. Nesta configuração, dita retangular, o núcleo é composto de 680 varetas combustíveis (UO_2 enriquecido à 4.3%) em arranjo de 28×26 , possuindo um excesso de reatividade de aproximadamente $2415pcm$.

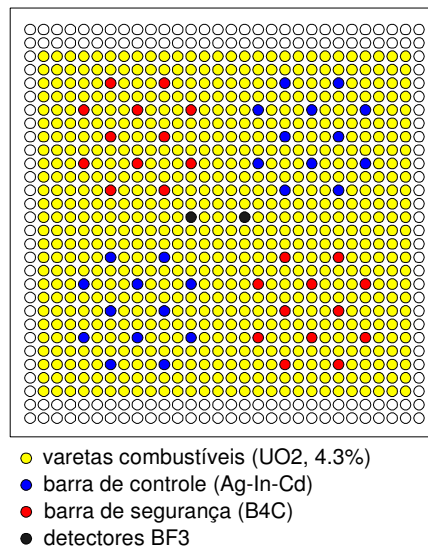


Fig. 2. Configuração do núcleo do reator IPEN/MB-01.

A detecção dos nêutrons das cadeias de fissão é realizada através de um detector BF_3 posicionado na região central do núcleo do reator IPEN/MB-01, como mostrado na Fig. 2. Como apenas um detector foi utilizado, a distribuição Rossi- α é obtida através da auto-correlação dos sinais do mesmo.

O sistema de aquisição de dados para medidas de tempo do Reator IPEN/MB-01 é baseado em uma placa *Multichannel Scaler*(MCS) com barramento PCI. Esta placa de aquisição permite realizar uma interface entre os módulos eletrônicos e um PC onde os dados são adquiridos. O controle da aquisição de dados é realizado via instrumentação virtual (VI). O processamento dos dados é realizado em um segundo PC, para o qual os dados são

transferidos via conexão de rede utilizando um protocolo de comunicação TCP/IP padrão. A autocorrelação dos pulsos, como esquematizado na Fig. 1, e a histogramação dos dados visando obter a distribuição Rossi- α , são realizadas em linguagem C/C++. A utilização de dois PCs no experimento é necessária, afim de não interromper a aquisição de dados durante o processamento dos mesmos, minimizando assim o tempo morto do sistema.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Nos experimentos realizados, o reator operou governado apenas pela fonte intrínseca do sistema, ou seja, principalmente o decaimento via fissão espontânea do ^{238}U . Foram adquiridas oito distribuições Rossi- α cada uma em um nível de subcriticalidade no intervalo de -20pcm à -4pcm .

A reatividade do sistema foi determinada a partir da curva de calibração integral das barras de controle do Reator IPEN/MB-01. A temperatura do moderador foi adquirida por meio de seis termopares distribuídos no interior do núcleo do reator. A taxa de contagem no detector BF_3 , foi medida utilizando o *correlator*. Através do ajuste das distribuições Rossi- α utilizando a eq. 3.5, determinamos os valores de α para cada medida. A Fig. 3 ilustra uma das distribuições Rossi- α adquiridas.

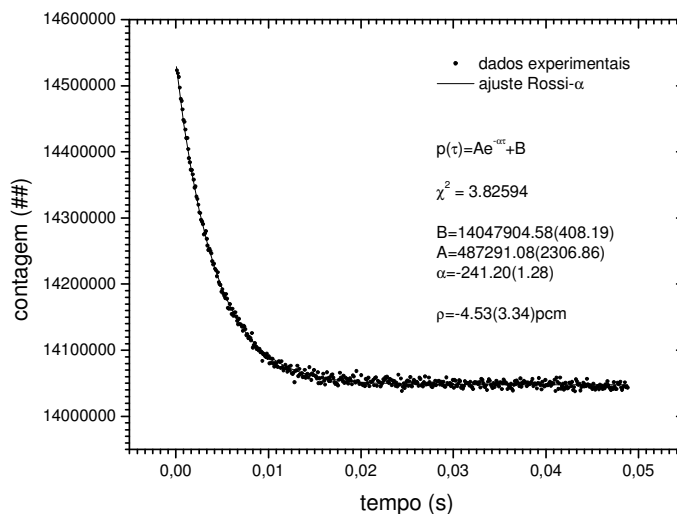


Fig. 3. Distribuição Rossi- α medida para uma taxa de contagem de 2783.55s^{-1} no detector BF_3 e reatividade de -4.53pcm .

Afim de se determinar o valor da constante de decaimento de nêutrons prontos para o sistema crítico, $\alpha_0 = \beta_{\text{eff}}/\Lambda$, construímos um gráfico de α em função do inverso da taxa de contagem, e através de um ajuste linear, determinamos o ponto onde a reta intercepta o eixo das ordenadas. A Fig. 4 ilustra esse procedimento. Assim, o valor encontrado foi de $\alpha_0 = 236.85(1.12)\text{s}^{-1}$.

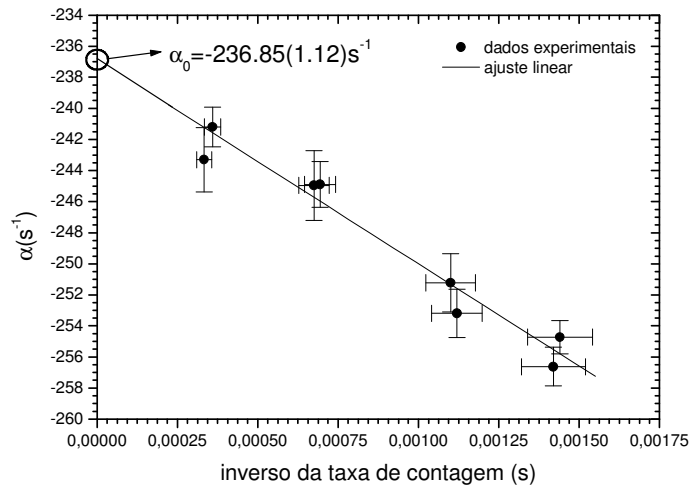


Fig. 4. Determinação do parâmetro $\alpha_0 = \beta_{eff}/\Lambda$. O valor encontrado foi de $\alpha_0 = 236.85(1.12)s^{-1}$.

5. CONCLUSÃO

Com a finalidade de se determinar a constante de decaimento de nêutrons prontos, α , do reator IPEN/MB-01, utilizamos a técnica de análise de ruído microscópico denominado de Método Rossi- α . O sistema de aquisição utilizado é baseado em uma placa MCS controlada via instrumentação virtual. Com o reator operando governado pela fonte intrínseca do sistema (basicamente o decaimento via fissão espontânea do ^{238}U), foram realizadas medidas de distribuições Rossi- α em vários níveis de subcriticalidade no intervalo de -20pcm à -4pcm . Através de uma extrapolação linear para $\rho=0$, determinamos um valor para α_0 , de $236.85(1.12)s^{-1}$. Este valor está de acordo com resultados de experimentos realizados anteriormente no reator IPEN/MB-01 utilizando outras técnicas de medida[1]. Nos próximos experimentos, pretendemos minimizar as barras de erro da Fig. 4 afim de obtermos uma extrapolação mais precisa para α_0 . Para isso, serão realizados testes com o reator operando com a fonte de partida (Am-Be de 2Ci) e, conseqüentemente, com um fluxo de nêutrons mais elevado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho possui apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo-FAPESP.

REFERÊNCIAS

1. R.Diniz, “Obtenção das Constantes de Decaimento e Abundâncias Relativas de Nêutrons Atrasados Através da Análise de Ruído em Reatores de Potência Zero”. Tese (Doutorado) — IPEN, (2005).
2. *Progress in Nuclear Energy*, v. 41.
3. R.E.Uhrig. *Random Noise Techiques in Nuclear Reactor Systems*, The Ronald Press Company, (1970).
4. J.A.Thie. *Reactor Noise*, Rowman and Littlefield, Inc., (1963).
5. C.Jammes, G.Perret e G.Imel, “First MUSE-4 experimental results based on time analysis”. *PHYSOR*, (2002).
6. M.Bruggeman, P.Baeten, W. De Boeck e R.Carchon, “Neutron coincidence counting based on time intervals analysis with one- and two-dimensional Rossi-alpha distributions: an application for passive neutron waste assay”, *Nucl. Instr. And Meth.* A382(1996)511
7. U.D.Bitelli, “Medida de Parâmetros Integrais no Reator IPEN/MB-01”. Tese (Doutorado) — IPEN, 2001.