

DETECÇÃO DE NÊUTRONS TÊRMICOS COM CR-39 REVELADO ELETROQUIMICAMENTE

MEIRE DE CASSIA PADILHA, MARÍLIA CESAR KHOURI
DIVISÃO DE FÍSICA NUCLEAR
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

RESUMO

Estuda-se a detecção de nêutrons têrmicos com CR-39 (Pershore Mouldings, 500 μ m, com 0,2% de DOP e 2,6% de IPP). A detecção é feita pelo registro dos traços de partículas alfa provenientes da reação $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ em conversor BN da Kodak. A técnica de revelação é eletroquímica em solução PEW (KOH, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, H_2O). São determinadas as condições de revelação, sensibilidade do detector e fluência máxima detectável.

INTRODUÇÃO

A revelação eletroquímica é uma técnica que vem sendo utilizada com sucesso no tratamento do detector de traços nucleares, CR-39, principalmente quando este material é empregado em dosimetria de nêutrons rápidos [1-3]. Nos últimos anos os SSNTDs (solid state nuclear track detectors), em particular o CR-39, tem sido bastante utilizados em dosimetria de nêutrons. Entretanto, poucos trabalhos têm sido publicados sobre a detecção de nêutrons têrmicos [4,5].

No CR-39, os nêutrons rápidos são detectados, principalmente, devido às interações elásticas com os núcleos de hidrogênio do próprio detector. No caso dos nêutrons têrmicos há necessidade de se utilizar um conversor externo, no qual ocorra uma reação nuclear cujo produto deixe seu traço registrado no material.

Neste trabalho utilizamos o CR-39 produzido pela Pershore Mouldings, Inglaterra, com 0,2% de DOP (ftalato de di-octila) e 2,6% de IPP (peroxi-dicarbonato diisopropil), tendo 500 μ m de espessura. O conversor utilizado foi o BN, da Kodak Pathe, confeccionado com boro natural. A reação que ocorre é $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ sendo registrada a partícula alfa de 1,47 MeV.

PARTE EXPERIMENTAL E RESULTADOS

As irradiações com nêutrons têrmicos foram feitas utilizando-se uma fonte de ^{252}Cf colocada no centro de um cilindro de parafina, no qual há três tubos equidistantes, para as irradiações [6]. Na posição de irradiação o fluxo de nêutrons têrmicos foi medido pela ativação de folhinhas de ouro obtendo-se $(2,64 \pm 0,05)10^4 \text{n.cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e o fluxo epitérmico (0,6 - 1,0 MeV) foi $(2,3 \pm 0,2)10^4 \text{n.cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, sendo a razão de cádmio 3,9.

A revelação eletroquímica foi efetuada em câmaras múltiplas confeccionadas em lucite [7]. A solução reveladora foi a PEW (15 KOH, 40% $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 45% H_2O , em peso).

Para a determinação das melhores condições para a revelação (campo elétrico, frequência, temperatura e tempo de revelação) partimos de condições nas quais tivemos baixa sensibilidade para nêutrons rápidos [8]. Estes valores foram escolhidos analisando-se os resultados mostrados na figura 1.

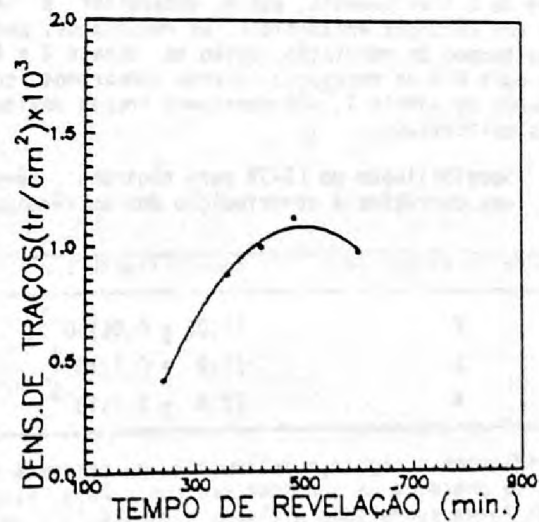
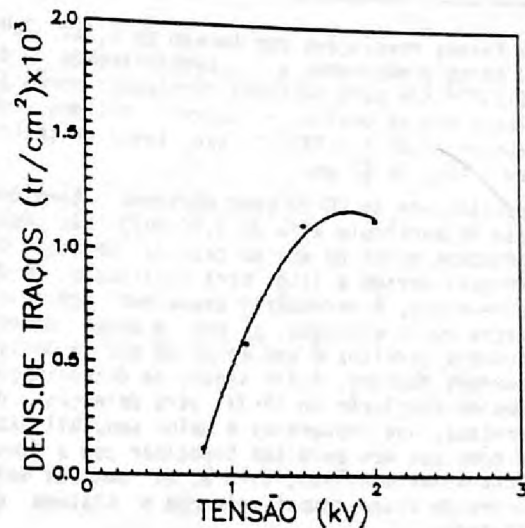


Fig. 1 Resposta do CR-39, para nêutrons rápidos, revelado com solução PEW a temperatura ambiente, em função da tensão aplicada (superior) e do tempo de revelação (inferior).

Com detectores irradiados com nêutrons térmicos e utilizando as condições: 1 kV, 2 kHz, 30 °C, variamos o tempo de revelação e obtivemos os resultados mostrados na tabela 1. Detectores irradiados com nêutrons rápidos (provenientes de fonte de AmBe, fluência: $2,9 \cdot 10^7 \text{ n.cm}^{-2}$) foram revelados nestas condições e não apresentaram traços.

Tabela 1- Resultados obtidos com os detectores revelados em solução PEW, 1 kV, 2 kHz, 30 °C, variando-se o tempo de revelação.

tempo de revelação (h)	sensibilidade térmicos (t/n)	BG rápidos (t/n)	\bar{D} (μm)
2	$(2,02 \pm 0,06)10^{-3}$	—	14
3	$(2,54 \pm 0,06)10^{-3}$	277	31
4	$(3,39 \pm 0,06)10^{-3}$	370	51

Foram feitas revelações com tensão de 1,3kV, 2kHz, 30 °C por 3 horas e obtivemos a sensibilidade de $(3,67 \pm 0,01)10^{-3}$ t/n para nêutrons térmicos, porém já foram revelados traços devidos a nêutrons rápidos com sensibilidade de $(3,80 \pm 0,04)10^{-5}$ t/n, tendo os traços diâmetro médio (\bar{D}), de 62 μm .

A sensibilidade do CR-39 para nêutrons térmicos (via detecção da partícula alfa de 1,47 MeV) são duas ordens de grandeza maior do que no caso da detecção de nêutrons rápidos. Devido a isto, para utilização em do simetria de nêutrons, é necessário trabalhar com densidades de traços muito elevadas, já que a dose depositada por nêutrons térmicos é bem menor do que a depositada por nêutrons rápidos. Assim sendo, na determinação das condições de revelação do CR-39 para detecção de nêutrons térmicos, não procuramos a maior sensibilidade, mas as condições que nos permitam trabalhar com a densidade de traços maior possível, isto é, os menores valores de diâmetro de traço compatíveis com o sistema de leitura utilizado.

Irradiamos detectores com e sem envólucro de cádmio, pois, como o cádmio absorve nêutrons com energia abaixo de 0,4 eV podemos, assim, determinar a contribuição dos nêutrons epitérmicos. Os resultados, para diferentes tempos de revelação, estão na tabela 2 e indicam que para 2 h de revelação, quando comparamos com os resultados da tabela 1, não revelamos traços devidos a nêutrons epitérmicos.

Tabela 2- Sensibilidade do CR-39 para nêutrons térmicos corrigida a contribuição dos epitérmicos

tempo de revelação (h)	sensibilidade t/n
2	$(2,02 \pm 0,06)10^{-3}$
3	$(1,9 \pm 0,1)10^{-3}$
4	$(2,5 \pm 0,1)10^{-3}$

Verificamos a seguir a influência, na resposta do detector, da presença de nêutrons rápidos. Para isto, detectores foram submetidos à fluência de $1,6 \cdot 10^7 \text{ n.cm}^{-2}$ de nêutrons térmicos e a fluências de até $4,4 \cdot 10^8 \text{ n.cm}^{-2}$ de nêutrons rápidos (fonte Am-Be). Os detectores foram revelados nas mesmas condições: solução PEW, 1kV, 2kHz, 30 °C. Os resultados estão na tabela 3.

Tabela 3- Resultados obtidos para detectores irradiados com nêutrons térmicos e rápidos e revelados nas condições determinadas para térmicos.

Detector	fluência de rápidos (n.cm^{-2})	densidade total de traços (t.cm^{-2})
1	$3,22 \cdot 10^7$	5848
2	$4,03 \cdot 10^7$	5928
3	$4,38 \cdot 10^7$	5936
4	$5,84 \cdot 10^7$	5959
5	$4,38 \cdot 10^8$	7836

Podemos observar que a presença de nêutrons rápidos só influi nos resultados para fluências da ordem de 10^8 n.cm^{-2} , que corresponde a uma condição de saturação para a detecção de nêutrons rápidos pelo CR-39 [8].

Detectores foram irradiados com nêutrons térmicos, por tempos variados, e observou-se que até fluências da ordem de $7 \cdot 10^7 \text{ n.cm}^{-2}$ a resposta é linear (figura 2), sendo o diâmetro médio dos traços, para esta fluência, de 6 μm (figura 3).

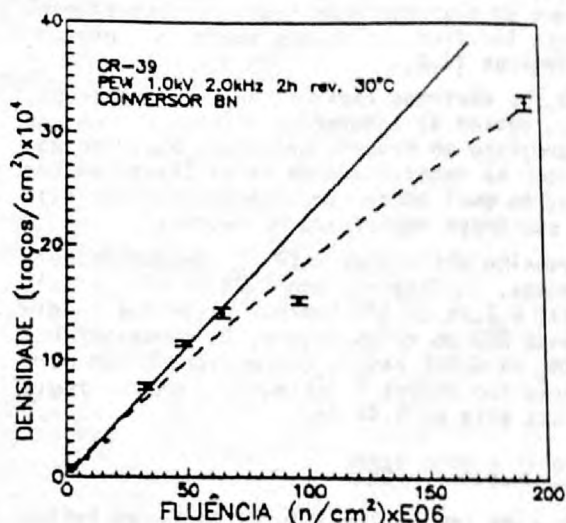


Fig. 2 Resposta do detector em função da fluência de nêutrons térmicos.

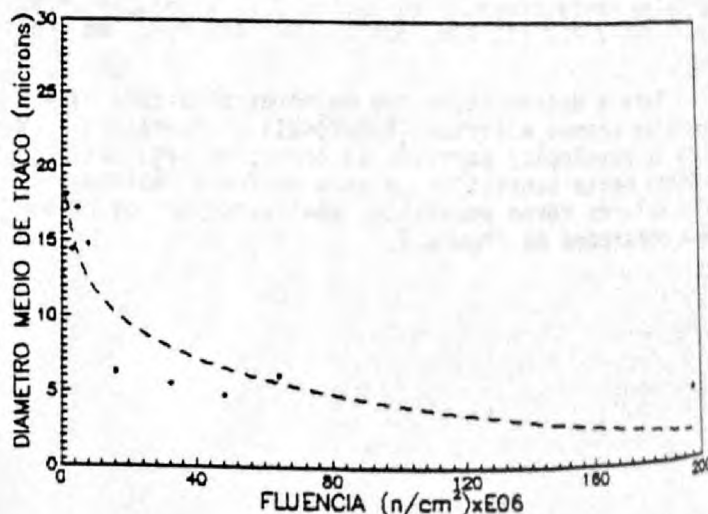


Fig. 3 Diâmetro médio do traço em função da fluência de nêutrons térmicos.

Não apareceram traços de "background" intrínseco, devidos a defeitos ou radiação ambiental, quando detectores não irradiados foram revelados nas condições de terminadas para nêutrons térmicos.

As leituras foram feitas em um sistema analisador de imagem desenvolvido no Instituto de Física da USP.

CONCLUSÕES

O CR-39 juntamente com o conversor mostra-se um sistema detector de nêutrons térmicos bastante interessante uma vez que é insensível à radiação gama e pouco sensível a nêutrons rápidos.

O limite inferior de dose, normalmente, tem sido definido como a dose correspondente à densidade de traços igual a dois desvios padrão da determinação do "background" intrínseco do detector [3]. Neste caso como não foram detectados traços de "background" definimos como a dose mínima detectável correspondente a 100 traços/cm² ou seja 0,4 μSv. A dose máxima detectada é de 2 mSv [9].

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Prof. Joseph Max Cohenca e a Shintaro Jonen, do Instituto de Física da USP, pela utilização do sistema analisador de imagem e pelas leituras efetuadas.

REFERÊNCIAS

- [1] Piesch, E., All-Najjar, S.A.R., Ninomiya, K. "Neutron dosimetry with CR-39 track detectors using electrochemical etching; recent improvements, dosimetric characteristics and aspects of routine application" Rad. Prot. Dos 27(4): 215-30, 1989.
- [2] Mattiullah, Durrani, S.A. "A cubical fast neutron dosimeter based on electrochemically etched CR-39 detectors with polymeric front radiator" Rad Prot Dos 20(1/2): 77-80, 1987.
- [3] Piesch, E. "Neutron irradiations of proton sensitive track etch detectors: results of the joint european/USA/Canadian, irradiations" KfK-4305, 1987.
- [4] Durrani, S.A., Mattiullah. "Development of thermal and fast neutron dose equivalent dosimeter using CR-39 detector with radiators/converters" Rad Prot Dos 23(1-4): 183-6, 1988.
- [5] Harvey, J.R., Weeks, A.R. "Thermal neutron detection with system which utilises the chemical etch of CR-39" Rad. Prot. Dos. 23(1-4): 187-9, 1988.
- [6] Vilela, E., Andrade C., Khouri, M.C. Detecção de nêutrons térmicos e rápidos com detectores de traços. Anais do 39 Congresso Geral de Energia Nuclear, Caderno / pg. 118-126, Rio de Janeiro- RJ, 1990.
- [7] Vilela, E.C. "Detecção de nêutrons rápidos utilizando detectores sólidos de traços nucleares". Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - USP, São Paulo, SP, 1990.
- [8] Padilha, M.C. "Detecção de nêutrons com CR-39" a ser publicado.
- [9] Harvey, J.R. "The individual monitoring quantity for neutrons and its relationship with Fluence". Rad. Prot. Dos. 20: 19-24, 1987.

ABSTRACT

The thermal neutron detection with CR-39 (Pershore Moulding, 500 μm, 0.2% DOP and 2.6% IPP) is studied. Thermal neutrons are detected by alpha tracks registration using a BN (Kodak) (n,α) converter. The electrochemical etching technique with PEW solution is used. The etching conditions, the sensitivity and maximum detectable fluence have been determined.