

Determinação do fator de calibração para detectores sólidos de traços nucleares tipo CR-39 expostos a Rn-222.

Camila Dias Cazula¹, Marcia Pires de Campos¹, Barbara Paci Mazzilli¹

¹ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Av. Prof. Lineu Prestes 2242, CEP 05508-000, São Paulo, Brasil
cdcazula@ipen.br, mpcampos@ipen.br, mazzilli@ipen.br

RESUMO

No método de detecção com detectores sólidos de traços nucleares, quando uma partícula pesada incide sobre a superfície do detector, provoca um desarranjo em sua estrutura molecular formando um traço. Uma das aplicações mais comuns desses detectores está na medição da concentração de Rn-222 no ar, um gás nobre radioativo, membro da série do U-238, emissor de partículas alfa e importante em estudos epidemiológicos para proteção dos indivíduos à radiação natural. Para determinar a concentração de Rn-222 no ar em um ambiente é necessário conhecer a densidade de traços (traços/cm²) na superfície do detector, o tempo de exposição e o fator de calibração. A determinação do fator de calibração para os detectores CR-39 foi feita a partir da exposição destes a uma concentração conhecida de Rn-222. Para tanto, os detectores foram inseridos no interior de uma célula de Lucas adaptada e posteriormente expostos a uma concentração de Rn-222 de 15 kBq/m³, por meio do aparelho RN-150 da Pylon Electronics Incorporation, que possui uma fonte de Ra-226 e libera concentrações conhecidas de Rn-222. Foram realizadas seis determinações do fator de calibração, o valor médio obtido foi de $0,0534 \pm 0,0021$ (traços/cm² por Bq/m³ dia). Os resultados são compatíveis com os valores da literatura para o mesmo tipo de detector e apresentaram boa reprodutibilidade.

1. INTRODUÇÃO

A detecção passiva com o uso de detectores sólidos de traços nucleares é amplamente utilizada na determinação da concentração de Rn-222 no ar, um gás nobre radioativo, membro da série do U-238, emissor de partículas alfa e importante em estudos epidemiológicos para proteção dos indivíduos à radiação natural.

No método de detecção com detectores sólidos de traços nucleares, quando uma partícula pesada incide sobre a superfície do detector, provoca um desarranjo na sua estrutura molecular (traço). Entre os detectores de traços disponíveis comercialmente (fig. 1), o CR-39 é o que apresenta melhor qualidade óptica, já que é transparente e possibilita um contraste ideal entre o traço produzido e o próprio corpo do plástico. [1]

Para que os traços possam ser observados e analisados é necessário aumentá-los, o que se consegue revelando-os com ataque químico ou eletroquímico. A análise do detector, por meio de microscopia ótica, é realizada por métodos quantitativos, onde a determinação da quantidade de traços por unidade de área do detector fornece a densidade de traços (traços/cm²), parâmetro proporcional à concentração de Rn-222 [2].

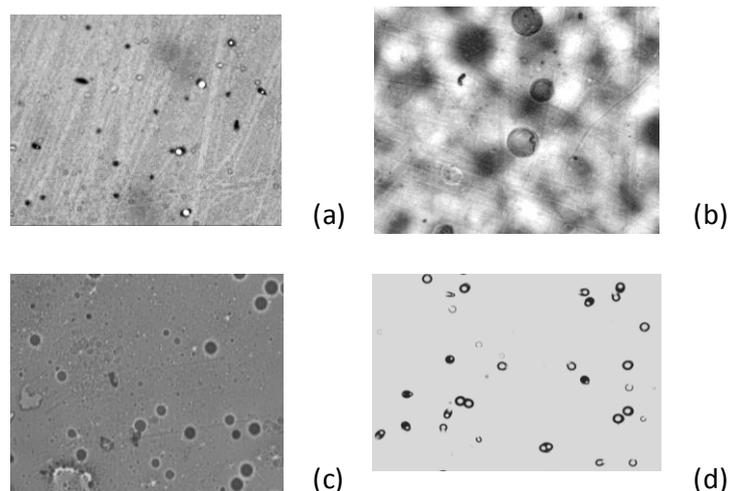


Figura 1. Traços na superfície de diferentes detectores de traços; (a) Ir-115, (b) Makrofol, (c) Durodon, (d) Cr-39

Para calcular a concentração de Rn-222 é necessário conhecer a densidade de traços (traços/cm²), o tempo de exposição e o fator de calibração, relaciona a densidade de traços na superfície do detector e a concentração de radônio. Assim foram realizadas seis determinações do fator de calibração, a partir da seguinte equação [3].

$$k = \frac{D}{C_{Rn} \cdot t} \quad (1)$$

Onde:

k = fator de calibração (traços/cm² por Bq/m³ d⁻¹);

D = Densidade de traços líquida (descontada a densidade relativa à radiação de fundo no detector) (traços/cm²);

C_{Rn} = Concentração de Rn-222 (Bq/m³);

t = tempo de exposição (d);

2. METOLOGIA

Para a determinação do fator de calibração, um detector de traços nucleares do estado sólido (CR-39) idêntico aos utilizados nos locais de estudo foi inserido em uma célula de Lucas adaptada e exposto ao Rn-222 por meio do sistema de calibração RN-150 da Pylon Electronics Incorporation. Este aparelho contém uma fonte sólida calibrada de Ra-226 e opera com uma bomba de vácuo, liberando uma concentração conhecida de Rn-222 de 15,2 kBq m⁻³ para o recipiente que contém o detector a ser calibrado (fig. 2). [4]

A célula de Lucas adaptada, após o processo de emanção, ficou selada por cerca de 4 dias, o que corresponde a aproximadamente uma meia-vida do Rn-222, dessa forma, o gás e os seus descendentes estavam presentes no ambiente confinado da célula de Lucas, sensibilizando o detector. [5]

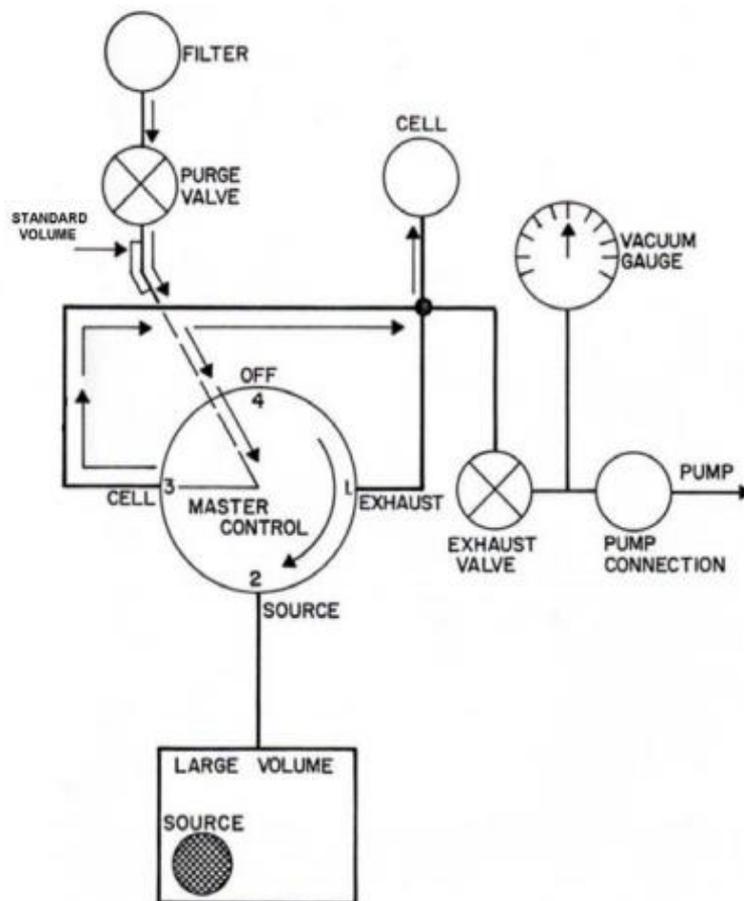


Figura 2. Esquema do sistema RN-150

Após a exposição os detectores sofrem ataque químico com solução de hidróxido de potássio, 30% em massa, durante 5,5 horas a 80° C. Uma vez revelados, os detectores foram observados num microscópio óptico ZEISS modelo AxiImager para luz transmitida com aumento de 10x. O equipamento está ligado a uma câmara de vídeo marca Zeiss ICc-1 e acoplado a um microcomputador com um monitor de 29" marca HP . O fator de calibração é então determinado por meio da equação 1.

O CR-39 utilizado possui uma área total de 5,76 cm² e área útil de 2,38 cm², onde são realizadas as imagens para leitura dos traços, embora em toda superfície seja possível observar e quantificar os traços (fig. 3). A radiação de fundo em detectores CR-39 pode variar de lote para lote, ou até mesmo em diferentes regiões de uma mesma placa com vários detectores. Assim, a radiação de fundo foi determinada individualmente para cada um dos detectores. Antes da exposição, foi aplicada uma fita de polietileno, que permite a remoção sem deixar resíduos de adesivo, a fim de barrar as partículas alfa proveniente do Rn-222 e seus filhos [6].

Essa área (1,68 cm²) então passou pelos mesmos procedimentos de leitura, determinando assim a radiação de fundo de cada detector. O valor médio da radiação de fundo obtida foi de 16,88 ± 0,86 traços/cm², valores compatíveis com a literatura para o mesmo tipo detector e fabricante [7].

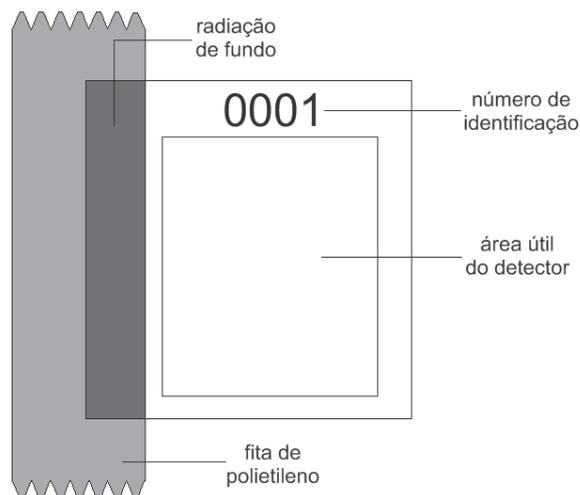


Figura 3. Esquema do detector de traços CR-39

A tabela 1 apresenta os resultados dos fatores de calibração obtidos.

Tabela 1. Fator de calibração

Calibração	Tempo de exposição (dias)	Fator de Calibração (traço/cm ² por Bq/m ³ .d)
1	3,98	0,0505 ± 0,0001
2	3,98	0,0526 ± 0,0001
3	3,85	0,0566 ± 0,0001
4	4,04	0,0525 ± 0,0002
5	3,31	0,0541 ± 0,0003
6	3,11	0,0549 ± 0,0003

O valor médio obtido foi de $0,0534 \pm 0,0021$ (traços/cm² por Bq/m³ dia) e apresenta uma variação percentual de 20,8% em relação ao valor fornecido pelo fabricante e disponível na literatura que é de $0,0672 \pm 0,0048$ (traço/cm² por Bq/m³.d).

3. CONCLUSÃO

Embora o fator de calibração para detectores de traços tipo CR-39 esteja disponível na literatura e seja fornecido pelos fabricantes, estabelecer o fator de calibração experimentalmente, proporciona uma verificação de conduta de todo procedimento, tal como revelação e leitura dos detectores.

A prática de calibração utilizada, assim como o método para radiação de fundo, apresenta resultados compatíveis com os valores da literatura para o mesmo tipo de detector e

apresentaram boa reprodutibilidade [3,8,9]. O sistema demonstrou ser adequado e os resultados obtidos serão aplicados em futuras medições de Rn-222 no ar.

AGRADECIMENTOS

Um dos autores (C. D. Cazula) agradece a Fundação de Amparo a Pesquisa de São Paulo pela concessão da bolsa de mestrado. (Processo FAPESP 2013/01841-9)

REFERENCIAS

1. Paulo, S.R. “*Dosimetria ambiental de Rn-222 e filhos: Medida da eficiência absoluta do CR-39 levando-se em conta os efeitos do plate-out e fatores ambientais*”, Campinas:1991. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
2. Nikezic, D., “*Determination of detection efficiency for radon and radon daughters with CR 39 track detector - a Monte Carlo study*” Nucl. Instruments Methods in Physics Research pp 406-414 (1994)
3. Mayya Y. S., Eappen K. P., Nambi K. S. V., “*Methodology for mixed field inhalation dosimetry in monazite areas using a twin-cup dosimeter with three track detectors*”, Rad. Prot. Dosim., 77(3), pp.177-184 (1998).
4. PYLON ELECTRONICS INCORPORATION Pylon model RN-150 Manual Instruction, 1992.).
5. Campos, M. P. ; Matins, E.W. . “*Calibration of the solid state nuclear track detector CR-39 for radon measurements.*” In: International Nuclear Atlantic Conference, 2007, Santos. Proceedings International Nuclear Atlantic Conference, 2007. v. E05. p. 1-4.
6. Daoud, W.Z, Renken K.J, “ *Laboratory assessment of flexible thin-film membranes as a passive barrier to radon gas diffusion*”, Science of The Total Environment, v.272, p. 127-135, 2001
7. Mishra,R, Orlando C., Tommasino L., Tonnarini S., Trevisi, “*A better understanding of the background of CR-39 detectors*”, Radiation Measurements, v.40 p. 325-328, 2005
8. Manocchi, F H ; Campos, M P ; Dellamano, J C ; Silva, G M ., “*Radon exposure at a radioactive waste storage facility.*”, Journal of Radiological Protection, v. 34, p. 339-346, 2014
9. Shoeib, M.Y, Thabayneh, K.M, “*Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation rate in various samples of Egyptian building materials*”, Journal of Radiation Research and Applied Sciences, v. 7, p. 174-181, 2014