

## DEPENDÊNCIA ANGULAR E ENERGÉTICA DE DETECTORES PORTÁTEIS EM CAMPOS DE RADIAÇÃO BETA

M.I. Levit e L.V.E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear/São Paulo

### RESUMO

Devido à geometria das suas sondas, os detectores de radiação beta-gama apresentam uma acentuada dependência angular quando posicionados em campos beta. Neste trabalho apresenta-se o resultado do estudo sistemático da resposta de três detectores portáteis de monitoração beta-gama, do tipo Geiger-Müller, de uma câmara de ionização portátil e de uma câmara de ionização de bolso em campos beta de diferentes configurações geométricas, representadas pelo ângulo de incidência da radiação em relação ao eixo da sonda, normal à janela, tanto no caso de ângulos muito próximos ao zero, para verificar de quanto se erra ao posicionar o instrumento de forma não totalmente frontal em relação à fonte, quanto para ângulos de até  $90^\circ$ , considerando-se assim também os casos em que o detector tiver que ser usado em posição não convencional. Estudou-se ainda a dependência energética para radiação frontal dos mesmos detectores de radiação.

### INTRODUÇÃO

Em diversos materiais radioativos pode-se observar simultaneamente radiação beta e gama. Ambos tipos de radiação estão sendo estudadas há aproximadamente 90 anos, mas enquanto a dosimetria gama é possível com boa precisão, a dosimetria beta apresenta ainda alguns problemas não resolvidos. A contribuição da radiação beta à taxa de dose é, quase sempre, na prática, desprezada, apesar de que nas irradiações parciais de corpo a taxa de dose beta pode ter um significado decisivo [3].

Uma dosimetria da radiação beta realizada com exatidão [5,8] necessita do conhecimento do espectro e da taxa de dose absorvida do campo de radiação no qual o dosímetro é utilizado. A obtenção deste tipo de dados apresenta diversas dificuldades, seja experimentalmente ou por cálculos [1].

As indústrias que utilizam radiação beta ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{35}\text{Kr}$ , etc) nos medidores nucleares para controlar a espessura de

materiais têxteis, laminados, cigarros, etc..., necessitam que seus detectores portáteis de radiação também sejam calibrados com radiação beta por ocasião da sua calibração anual.

Os instrumentos mais usados na indústria são os monitores beta-gama com sondas tipo Geiger-Müller (internas ou externas) com uma janela fina e uma tampa que se utiliza apenas em campos gama. Nos aparelhos deste tipo a espessura das paredes está projetada para permitir a ocorrência de equilíbrio eletrônico em campos de radiação gama na faixa de energias de  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{60}\text{Co}$ .

Na prática, devido à absorção da radiação beta nas paredes grossas do detector, o instrumento dá uma informação que representa a dose média no seu volume sensível e geralmente subestima o valor real da dose absorvida. Isto ocorre principalmente no caso da radiação beta de baixas energias ou nos casos em que o detector deve chegar perto das fontes de radiação, quando o volume sensível do instrumento não é uniformemente irradiado, subestimando-se a dose por um fator que pode variar entre 10 e 100 [6,7].

### MATERIAIS E MÉTODOS

As fontes usadas nestas experiências fazem parte de um Sistema Padrão Secundário, que está instalado e em operação no Laboratório de Calibração de Instrumentos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, CNEN/SP. O sistema foi projetado pelo Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB, Brunswick, Alemanha) e fabricado pela Amersham Buchler Co. Possui um certificado de calibração emitido pelo PTB e consta de duas fontes de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74 e 1850 MBq), uma de  $^{204}\text{Tl}$  (18,5 MBq) e uma de  $^{147}\text{Pm}$  (518 MBq).

Três das quatro fontes são usadas com filtros planos de Hostaphan, o que proporciona uma área de calibração específica com taxa de dose absorvida no ar uniforme, de aproximadamente 10 cm de diâmetro às distâncias de calibração de cada fonte, o que permite a calibração de instrumentos de grande área.

A fonte de maior atividade é utilizada quando são requeridas grandes doses e por isso está calibrada a uma distância de 11 cm e não se utiliza filtro. Seu campo de radiação é menos uniforme e foi utilizado para irradiar as câmaras de ionização de bolso, por terem estas pequeno volume sensível.

Foram estudados três detectores portáteis do tipo Geiger-Müller (Victoreen 493, EUA; Nortron NDG-1000A e NMR-1000, Brasil), uma câmara de ionização portátil (Babyline 97, Nardeaux, França) e uma câmara de ionização de bolso (Gamma/X-Ray Dosemeter Corporation of America, EUA).

Os instrumentos foram fixados sobre uma mesa giratória, com ajustes (x,y,z) frente ao suporte das fontes, tendo-se alinhado o arranjo com o sistema laser, garantindo-se a reprodutibilidade do posicionamento dos componentes utilizados, de acordo com as normas do Laboratório de Calibração. As distâncias fonte-detector foram escolhidas experimentalmente de modo a permitir que os valores máximo e mínimo lidos, ao se avaliar o ângulo de incidência de radiação, estivessem dentro da faixa de 20 a 80% da escala do instrumento. Optou-se por usar como referência, para as distâncias, o centro da janela dos detectores beta-gama. A câmara de ionização Babyline foi girada em torno do centro do seu volume sensível para manter a uniformidade na irradiação do mesmo para todas as posições angulares.

## RESULTADOS

Na Fig. 1 foi representada a resposta angular dos detectores testados para campos de radiação de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ . As incertezas associadas variam entre 2 e 6%. Verifica-se que a subestimativa da taxa de dose absorvida no ar medida com o monitor Victoreen (sonda externa, janela fina) é da ordem de 10% para um ângulo de incidência da radiação de  $20^\circ$ , de 20% para  $30^\circ$  e de 40% para  $45^\circ$ . No caso do monitor NDG-1000A (sonda externa, janela fina) a subestimativa é de 10% para  $25^\circ$ , de 20% para  $30^\circ$  e de 50% para  $45^\circ$ , comparável portanto com o anterior. O monitor Nortron NMR-1000 (sonda interna, janela fina) apresenta uma subestimativa da taxa de dose absorvida no ar de 10% para  $10^\circ$ , de 60% para  $20^\circ$  e de 95% para  $45^\circ$ , indicando uma dependência angular muito acentuada; pode-se observar uma assimetria devida ao posicionamento da sonda interna, em relação ao orifício do invólucro do aparelho. A curva que representa a resposta de uma caneta dosimétrica mostra uma queda de 10% para  $15^\circ$ , de 30% para  $30^\circ$  e de 60% para  $45^\circ$ , cuja assimetria pode ser explicada pela assimetria mecânica do instrumento. A câmara de ionização Babyline apresenta uma resposta praticamente constante, com uma subestimativa da taxa de

dose absorvida no ar de no máximo 10% para todas as situações estudadas. A importância do estudo da dependência energética no caso da radiação beta resulta evidente na Fig. 2, onde se representam os fatores de calibração para irradiação frontal de instrumentos analisados, normalizados para  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ . Pode-se observar que a dependência energética é acentuada para todos os instrumentos testados. Para efeitos de comparação foi representada, também, a curva de dependência energética da câmara de extrapolação [4], que é o instrumento de medida de referência para radiação beta.

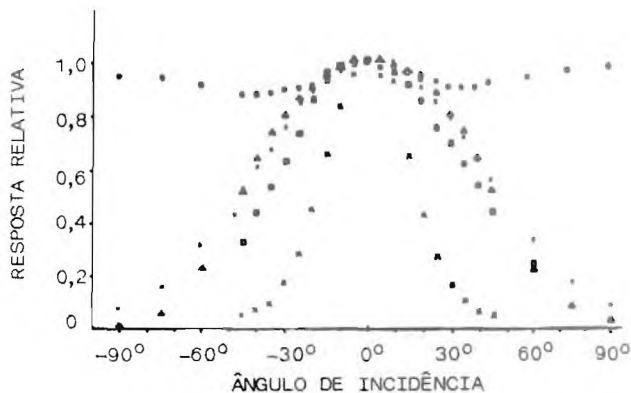


Fig. 1 - Dependência direcional ( $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ) da resposta dos detectores:

- Victoreen 493
- Babyline
- ▲ Nortron NDG-1000A
- Caneta Dosimétrica
- \* Nortron NMR-1000

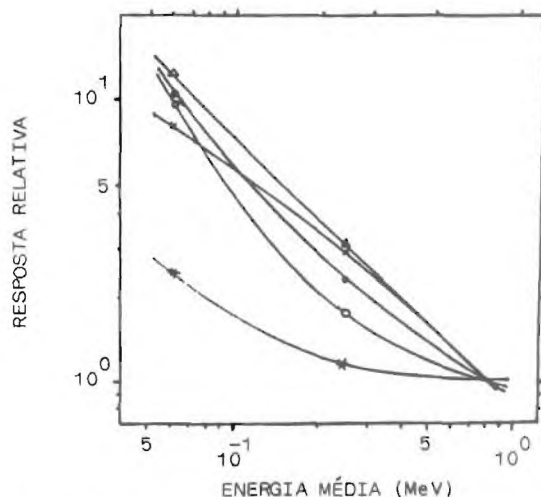


Fig. 2 - Dependência energética (radiação beta) da resposta dos detectores:

- Victoreen 493
- Babyline
- ▲ Nortron NDG-1000A
- Câmara de Extrapolação
- \* Nortron NMR-1000

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o instrumento mais adequado para as medidas de campos de radiação beta é a câmara de ionização Babyline que tem a mínima dependência angular, o que é esperado devido às características de seu projeto, desenvolvido justamente para essa finalidade. Entre os instrumentos do tipo G.M., o melhor desempenho foi observado para os que têm sonda externa, com ênfase para volumes maiores e janelas mais finas, ou seja o monitor Victoreen e o Nortron NDG-1000A. Também da Nortron, o modelo NMR-1000 apresenta uma forte dependência angular, o que pode ser explicado pela sua sonda pequena e embutida no invólucro do instrumento.

Quanto à dependência energética, pode-se verificar que o comportamento da câmara de ionização Babyline é o mais que se aproxima do instrumento de referência. A menor dependência energética, quando se considera todo o espectro de energias estudado, correponde ao monitor Nortron NMR-1000, seguindo-se os monitores Victoreen e Babyline. Porém, ao se considerar a faixa de energias maiores, onde se encontram os radionuclídeos mais usados na indústria, pode-se novamente concluir que os instrumentos mais adequados à medida de campos beta são a câmara de ionização Babyline, o monitor Victoreen, seguindo-se o monitor Nortron NDG-1000A, devido à sua menor dependência energética nesta faixa do espectro. Não foi possível estudar a dependência energética da caneta dosimétrica já que, devido às suas características mecânicas, ela não é sensível à radiação de baixas energias de  $^{147}\text{Pm}$  e  $^{204}\text{Tl}$ .

Foi possível concluir que os monitores de radiação utilizados na área industrial (medidores nucleares), após sua calibração anual rotineira com radiação gama, devem ser necessariamente testados em campos de radiação beta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE, M.P.P.; XAVIER, M.; CALDAS, L.V.E.; "Comportamento de Detectores em Campos de Radiação Beta", Anais do II Congresso Brasileiro de Físicos em Medicina, São Paulo, 1987.
2. ALBUQUERQUE, M.P.P.; XAVIER, M.; CALDAS, L.V.E.; "Dependência Energética de Diferentes Instrumentos Detectores de Radiação Beta", X Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada, Caxambú, Minas Gerais, 1984.
3. CALDAS, L.V.E.; "Alguns Métodos de Calibração e de Dosimetria da Radiação Beta", Tese de Doutorado, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 1980.

4. CALDAS, L.V.E.; "Performance Characteristics of an Extrapolation Chamber for Beta Radiation Detection", Appl. Radiat. Isot., 37(9) 988-990, 1986.

5. CHRISTENSEN, P.; PRÖKIC, M.; "Energy and Angular Response of TL Dosimeters for Beta Ray Dosimetry", Radiat. Prot. Dosim., 17:83-87, 1986.

6. GIROUX, J.; HADDAD, A.; HERBAUD, Y.; LEROUX, J.B.; ROUILLON, J.; "Dosimetrie de Sources Ponctuelles au Moyen d'une Chambre a Cavité Variable. Application a l'Etude de la Réponse d'Instruments de Radioprotection", IN: National and International Standardization of Radiation Dosimetry, STI/PUB/471, Vienna, IAEA, 1978.

7. International Standard Organization 6980. "Beta Radiations for Calibrating and Determining the Response as a Function of Beta Energy of Dosimeters and Dose Rate Meters", ISO 6980, 1984.

8. SHERBINI, S.; PORTER, S.W.; "Review of the Current Deficiencies in Beta Dosimetry with Recommendations", U.S. Nucl. Regul. Comm., (Rep) NUREG/CR-3296.

## ENDEREÇO PARA CONTACTO

MARIA ISABEL LEVIT  
IPEN-CNEN/SP  
Travessa R, 400 - Cidade Universitária  
Caixa Postal 11049  
CEP 05422-970 São Paulo - SP  
Fone: (011) 211-6011 (r. 1118)  
Fax : (011) 212-3546