

BR8818706

ISSN 0101-3084

**CNEN/SP**

---

**ipen** Instituto de Pesquisas  
Energéticas e Nucleares

**DETERMINAÇÃO DO ESPALHAMENTO DA RADIAÇÃO GAMA  
COM MUDANÇAS NA GEOMETRIA DO SISTEMA**

**Maria da Penha P. Albuquerque, Marcos Xavier e Linda Viola Ehtin Caldes**

**PUBLICAÇÃO IPEN 145**

**JULHO/1988**

**SÃO PAULO**

**DETERMINAÇÃO DO ESPALHAMENTO DA RADIAÇÃO GAMA  
COM MUDANÇAS NA GEOMETRIA DO SISTEMA**

**Maria da Penha P. Albuquerque, Marcos Xavier e Linda Viola Ehlin Caldas**

**DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA**

**CNEN/SP  
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
SÃO PAULO – BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

E4110

CALIBRATION  
GAMMA DOSIMETRY  
GAMMA RADIATION  
IONIZATION CHAMBERS  
RADIATION DETECTION  
SCATTERING

---

IPEN - Doc. 3013

Aprovado para publicação em 25/02/87.

Nota: A redacção, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade do(s) autor(es).

## DETERMINAÇÃO DO ESPALHAMENTO DA RADIAÇÃO GAMA COM MUDANÇAS NA GEOMETRIA DO SISTEMA\*

Maria da Penha P. Albuquerque, Marcos Xavier e Linda V.E. Caldas

### RESUMO

Foram utilizados três sistemas experimentais diferentes para a determinação do espalhamento da radiação devido à parede, teto e chão do Laboratório de Calibração. A detecção da radiação foi realizada com uma câmara de ionização portátil Victoreen modelo Panoramic 470. As medidas foram feitas com e sem a utilização de um bloco de chumbo como blindagem entre o detector e a fonte radioativa. Os resultados mostraram que a contribuição da radiação espalhada aumentou em 80%, quando a distância entre o detector e a fonte foi alterada de 1,0 para 2,0 m. Por isso a determinação da contribuição do espalhamento é muito importante no estabelecimento dos campos de radiação padrões para calibração de instrumentos.

### DETERMINATION OF THE GAMMA RADIATION SCATTERING WITH GEOMETRY CHANGES IN THE SYSTEM

### ABSTRACT

Three different experimental systems were used for the determination of the radiation scattering due to the walls, ceiling and floor of the Calibration Laboratory. The radiation detection was made with a portable ionization chamber Victoreen model Panoramic 470. The measurements were taken with and without the use of a lead shield block between the detector and the radioactive source. The results showed that the scattering contribution increased about 80%, as the distance between detector and source was varied from 1,0 to 2,0 m. Therefore the scattering contribution determination is very important for the establishment of the standard radiation fields for instruments calibration.

### INTRODUÇÃO

O arranjo de radiação gama do Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN é constituído por um conjunto de fontes seladas de  $^{60}\text{Co}$  e  $^{137}\text{Cs}$  com atividades diferentes (de 9,61 MBq a 11,5 GBq) e está localizado numa sala circular (diâmetro de 6,8 m e altura de 2,8 m) de um prédio

---

\* Trabalho apresentado durante a 39ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Brasília, julho 1987.

subterrâneo (Bunker). Neste laboratório são calibrados cerca de 800 instrumentos anualmente (monitores portáteis do tipo Geiger-Müller e câmaras de ionização), utilizando-se campos de radiação com características conhecidas, como por exemplo, os valores da taxa de exposição a diferentes distâncias entre o detector e a fonte. Esta é uma das técnicas recomendadas internacionalmente<sup>(2)</sup>, a outra é a técnica da substituição. Esta é utilizada no Laboratório de Calibração de Dosímetros Clínicos com radiação gama e da qual não trata o presente trabalho.

Torna-se muito importante o conhecimento da contribuição da radiação espalhada pelas paredes, teto e chão do laboratório no valor da taxa de exposição do feixe primário, para o estabelecimento dos campos padrões em calibração gama.

Foram utilizados dois métodos<sup>(1)</sup> diferentes para a determinação da radiação espalhada no laboratório circular.

## PARTE EXPERIMENTAL

O sistema de referência para a detecção da radiação gama, a nível de Proteção Radiológica, do Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN, é composto por uma câmara de ionização de placas paralelas, com volume sensível de  $600 \text{ m}^3$ , modelo 2581, acoplado a um eletrômetro do tipo Baldwin-Farmer, modelo 2502/3, ambos da Nuclear Enterprises (Inglaterra). Esta câmara permite ainda a detecção da radiação-X assim como beta, sem a utilização da capa de equilíbrio eletrônico para radiação gama. Seu fator de calibração foi determinado pelo Laboratório de Padronização Secundária do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CNEN, Rio de Janeiro em :  $0,347 \mu\text{C}/(\text{kg. u.e.})$ , onde u.e. é a unidade de escala. A câmara foi posicionada no campo de radiação com seu eixo paralelo ao feixe de radiação e tomando-se como referência para a distância o centro do seu volume sensível.

Uma câmara de ionização portátil Panoramic 470, Victoreen (EUA), foi também utilizada.

Atodas as medidas obtidas com os dois sistemas detectores foram aplicados fatores de correção para temperatura e pressão, em relação às condições normais.

A fonte de radiação gama empregada nestas experiências foi de  $^{60}\text{Co}$  (11,5 GBq em 05/02/87). Foi necessário adaptar ao arranjo experimental um sistema de circuito interno de televisão para visualização de galvanômetro da câmara de ionização portátil, devido à atividade alta da fonte de  $^{60}\text{Co}$ , que não permite a aproximação de pessoas para a tomada das medidas.

Quanto aos dois métodos utilizados para a determinação da radiação espalhada tem-se:

### 1º Método

Neste método uma blindagem de chumbo com dimensões  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  e espessura 20 cm é posicionada entre a fonte e o detector como mostra a Figura 1. Esta montagem serve para impedir que o feixe de radiação primário atinja o detector. A resposta da câmara de ionização consiste portanto da soma da radiação de fundo e a radiação espalhada pelas paredes, teto e chão do laboratório. As medidas são tomadas com e sem a presença desta blindagem e os resultados são comparados. A diferença entre os valores obtidos indicará a contribuição da radiação espalhada.

Três arranjos diferentes foram montados neste caso; as medidas foram tomadas, variando-se a distância entre a fonte e o detector:

- a) a distância entre a blindagem e a fonte foi mantida fixa em 60 cm. Neste caso foi variada apenas a posição da câmara de ionização em relação ao conjunto fonte e blindagem;
- b) a distância entre a câmara de ionização e a blindagem foi mantida fixa em 40 cm. Neste caso a posição do conjunto blindagem e câmara foi variado em relação à fonte;
- c) a área do "Campo de Sombra" da radiação no detector foi mantido constante em  $289 \text{ cm}^2$ . Novamente a posição do conjunto blindagem e câmara foi variado em relação à fonte.

## 2º Método

Este método, muito mais simples que o anterior, consiste em se comparar os resultados obtidos a partir das medidas realizadas dentro do laboratório com radiação espalhada e fora do laboratório, ao ar livre, com o mínimo possível de material espalhador: Figura 2. As medidas são tomadas, variando-se a distância entre a fonte e o detector. A diferença entre os resultados indicará a contribuição da radiação espalhada do laboratório.

A dificuldade neste caso é encontrar um lugar com o mínimo de material espalhador. A experiência foi portanto realizada em cima de terra batida, ao ar livre, sem construções próximas.

Em cada uma das experiências foram feitas várias medidas sucessivas para a verificação de sua reprodutibilidade, variando-se a distância fonte-detector entre 100 e 200 cm.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

A primeira etapa das experiências consistiu na utilização da câmara de ionização de  $600 \text{ cm}^3$ , determinando-se a taxa de exposição total a várias distâncias entre a fonte e a câmara. Os dados obtidos desta taxa de exposição em função da distância foram ajustados por uma equação do tipo  $y = ax^b$ . Observou-se que a taxa de exposição total não obedece à lei do inverso do quadrado da distância, pois o expoente encontrado foi  $-1,92$ , devido à presença da radiação espalhada.

A segunda etapa consistiu na determinação da contribuição da radiação espalhada, utilizando-se os dois métodos já citados. A câmara de ionização e a fonte foram posicionadas a 1,4 m do chão, o que significa metade da altura total da sala. Como o galvanômetro é localizado na parte traseira deste aparelho, ficou difícil focalizá-lo diretamente através da câmara de TV; foi utilizado um espelho voltado para o galvanômetro. Na Tabela I são mostrados os resultados obtidos com os três arranjos diferentes do primeiro método, utilizando-se a blindagem de chumbo. Pode-se verificar que os resultados se mostravam semelhantes principalmente para o 1º

e 3º arranjos (dentro de 2%) a partir da distância de 150 cm.

Os valores obtidos para a taxa de exposição total (sem a blindagem) a várias distâncias, estão apresentados na Tabela II, juntamente com os valores da taxa de exposição da radiação espalhada. A diferença entre estes valores indica a taxa de exposição sem a radiação espalhada. Verificase que a contribuição do espalhamento na taxa de exposição aumenta com a distância, sendo de 5,3% para 100 cm, 7,2% para 150 cm e 9,6% para 200cm. Ajustando-se os valores da taxa de exposição total em função da distância, segundo a equação  $y = ax^b$ , obtém-se para o expoente de ajuste o valor de  $b = -1,93$  demonstrando que a taxa de exposição não segue a lei do inverso do quadrado da distância. Por outro lado, descontando-se as medidas relativas ao espalhamento, a taxa de exposição segue a lei do inverso do quadrado da distância. Pode-se então concluir que a taxa de exposição total não segue a lei do inverso do quadrado da distância devido à contribuição do espalhamento nesta taxa, e portanto para o cálculo desta taxa deve-se levar em conta o expoente  $-1,93$ , pois o uso do expoente  $-2,00$  pode acarretar erros em torno de 5% a 100 cm até 10% a 200 cm.

Para o segundo método, que consistiu em medidas da taxa de exposição total fora do laboratório (local com um mínimo de material espalhador) para comparação com os valores medidos dentro do laboratório, a fonte e a câmara de ionização foram colocados à mesma altura do solo (1,4 m), propositalmente à mesma altura utilizada dentro do laboratório, e variou-se a distância entre a fonte e a câmara como nos outros casos.

Com este método seria esperada a determinação, pela diferença entre a taxa de exposição total medida dentro do laboratório e a taxa de exposição medida fora do laboratório, da radiação espalhada no laboratório. Mas, nas medidas executadas ao ar livre, existia ainda a presença do espalhamento pelo solo. Pelo ajuste dos pontos medidos neste método segundo a equação  $y = ax^b$ , encontrou-se o seguinte expoente de ajuste:  $b = -1,96$ . Verificou-se que a taxa de exposição não segue a lei do inverso do quadrado da distância devido ao espalhamento pelo solo.

Verifica-se, também, que o expoente de ajuste encontrado para este método (-1,96) está entre os valores encontrados pelo primeiro método, para a taxa de exposição total com e sem a presença de blindagem. Isto pode ser justificado, porque as medidas feitas dentro do laboratório sofrem contribuição da radiação espalhada principalmente pelo teto e chão, e as medidas feitas fora do laboratório, apenas pelo solo.

Foi determinada, assim, a contribuição da radiação espalhada na taxa de exposição total e o expoente que deve ser utilizado para corrigir as medidas, utilizando uma câmara de ionização. Mas, também é de grande interesse para o Laboratório de Calibração que sejam determinados os expoentes de ajuste no caso de calibração dos detectores do tipo Geiger-Müller. Testes preliminares foram feitos e demonstraram expoentes de ajuste diferentes daqueles encontrados para a câmara de ionização, por causa da diferença na sensibilidade dos detectores.

**TABELA I**

Resultados obtidos com os três arranjos do 1º Método para a determinação da radiação espalhada, utilizando-se uma blindagem de chumbo

DFD : Distância entre fonte e detector

Os valores de taxa de exposição estão nas unidades em que são indicados no instrumento utilizado

Nº do Arranjo	DFD = 100 cm		DFD = 150 cm		DFD = 200 cm	
	Taxa de exposição (mR/h)	Desvio padrão percentual (%)	Taxa de exposição (mR/h)	Desvio padrão percentual (%)	Taxa de exposição (mR/h)	Desvio padrão percentual (%)
1º	18,24	1,66	11,75	1,32	8,85	0,28
2º	18,99	1,32	12,25	1,07	9,07	1,75
3º	18,99	1,32	11,99	1,79	8,87	1,00

TABELA II

Determinação da contribuição da radiação espalhada pelo primeiro método

Os valores da taxa de exposição estão nas unidades em que são indicados no instrumento utilizado

Distância entre fonte e detector (cm)	Taxa de exposição total medida:A (mR/h)	Taxa de exposição da radiação espalhada:B (mR/h)	A - B (mR/h)
100	355,41	18,74	336,67
150	167,33	12,00	155,33
200	92,59	8,93	83,66

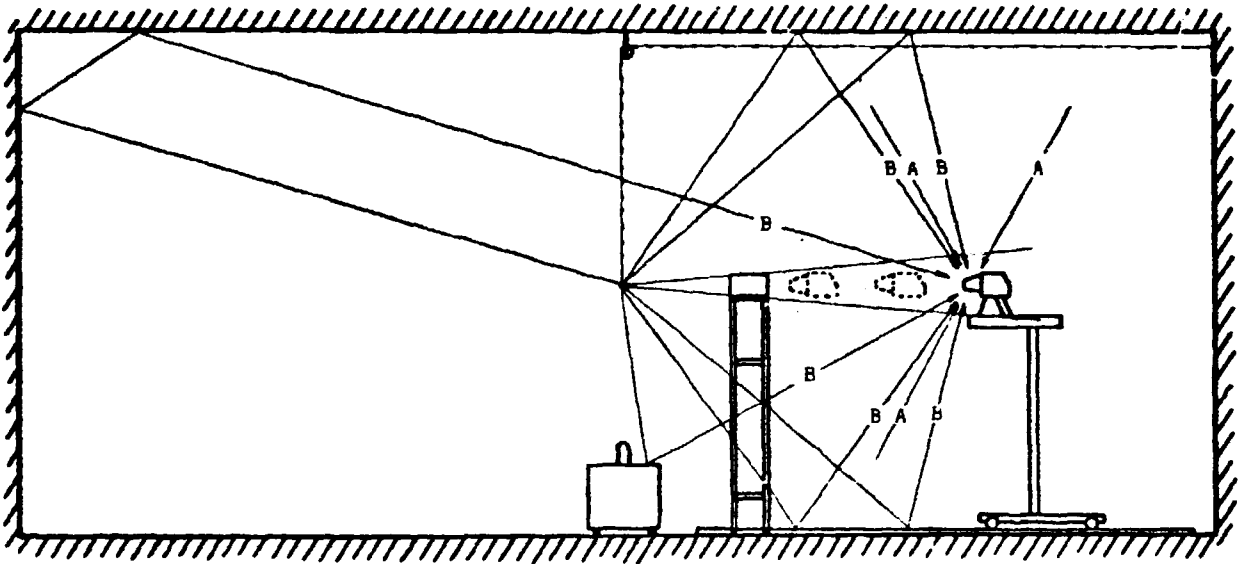


FIGURA 1. ARRANJO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAÇÃO DA RADIAÇÃO ESPALHADA COM E SEM A UTILIZAÇÃO DA BLINDAGEM DE CHUMBO.

A : RADIAÇÃO DE FUNDO  
B : RADIAÇÃO ESPALHADA

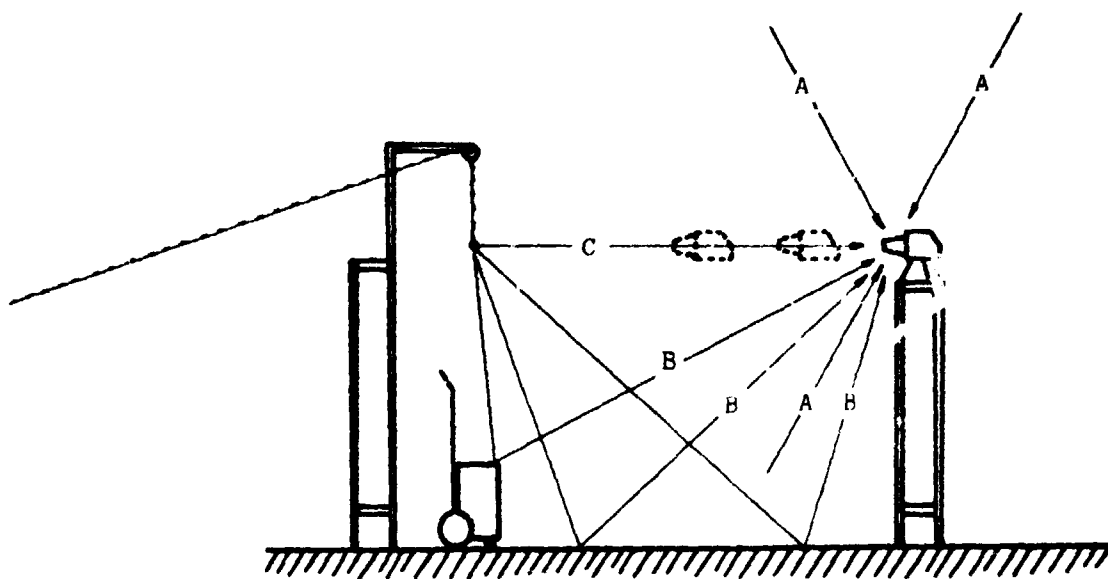


FIGURA 2. ARRANJO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAÇÃO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO FORA DO LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO.

- A : RADIAÇÃO DE FUNDO
- B : RADIAÇÃO ESPALHADA
- C : FEIXE PRIMÁRIO

**REFERÊNCIAS**

1. BOTTER-JENSEN, L. & NIELSEN, S.P. *A multi-laboratory testing of calibration methods for environmental dose rate meters.* 1985. (RISO-M-2542).
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Handbook on calibration of radiation protection monitoring instruments.* Vienna, 1971. (Technical Series, 133).