

Dependência direcional do identificador SPIRID NaI (3" x 1,5")

Mayara N Arbach(1), Rudnei M Karam(2), Domingos D O Cardoso(2), Viviane C Sant'anna(2), Sérgio D O Vellozo(2), Aneuri S D Amorim(3), Luciano S R Oliveira(3),

(1) Instituto de Radioproteção e Dosimetria

Av. Salvador Allende, 9 - Barra da Tijuca, Rio de Janeiro - RJ, 22780-160

(2) Instituto Militar de Engenharia

Praça General Tibúrcio, 80, 22290-270, Praia Vermelha, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

(3) Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear

RESUMO: Caracterizou-se a resposta direcional do identificador SPIRID NaI (3" x 1,5") – MIRION, utilizando as fontes de céσιο (137Cs) com atividade de 37,4 kBq e de cobalto (60Co) com atividade de 41,0 kBq, fabricadas em 17/04/2007. O trabalho foi realizado nas distâncias (0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m) e para os ângulos (0°, 45°, 60° e 90°), adotando-se como valor de referência a medida encontrada no ângulo 0° da distância em avaliação, o mesmo procedimento foi adotado para as demais distâncias ensaiadas neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Detecção; Dependência direcional; Valor de referência.

ABSTRACT: It was characterized the directional response of identifier SPIRID NaI (3" x 1,5") – MIRION by using sources of Cesium (137Cs) with activity of 37,4 kBq and Cobalt (60Co) with an activity of 41,0 kBq, manufactured on 04/17/2007. The work took place in distances (0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m) and for the angles (0°, 45°, 60° e 90°), and the measure found in angle 0° of said evaluation was adopted as reference value; this same procedure was adopted for other distances evaluated in this work.

KEYWORDS: Detection; Directional dependence; Reference value.

1. INTRODUÇÃO

A realização de grandes eventos públicos envolve toda uma estrutura prévia de planejamento de segurança radiológica, uma vez que os critérios de segurança e de proteção do público baseiam-se em fatores de risco, para os quais indivíduos e o meio ambiente podem estar expostos, mormente em situações de emergências radiológicas, nucleares ou ameaças terroristas.

Desta forma, deve ser realizada uma monitoração preventiva e extensiva das áreas, visando a quantificação e identificação do material radioativo não previsto, estando ele na forma de fontes, seladas ou não, ou mesmo na forma dispersa. Confirmada sua presença, são deflagradas ações protetoras, com a monitoração e contenção da fonte ou material encontrado, seguido por avaliação da dose e taxa de dose no ambiente, bem como contaminação no ar e em superfícies. Prosseguindo a caracterização dos detectores utilizados em atividades de defesa Radiológica e Nuclear iniciada pelo trabalho "Dependência direcional do identificador ORTEC – modelo Micro Detective tipo N com 15% de eficiência" [2], o presente trabalho apresenta os resultados obtidos na caracterização direcional do identificador SPIRID NaI (3" x 1,5").

2. OBJETIVO

Nas ações do Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN) no Brasil, são utilizados entre outros, os identificadores SPIRID de Iodeto de Sódio (NaI) e de Brometo de Lantânio (LaBr). A caracterização da resposta direcional destes equipamentos contribuirá para a melhor utilização dos mesmos em atividades de campo e/ou grandes eventos. Dando continuidade ao trabalho [2] realizou-se a caracterização da dependência direcional e obteve-se ainda, algumas características de resposta do identificador radiológico SPIRID NaI (3" x 1,5") – MIRION.

A caracterização da resposta direcional dos identificadores empregados nas ações do IDQBRN contribuirá para a melhor execução do proposto pela portaria n° 1787/MD [1]. No escopo desta portaria, as atividades referentes ao suporte técnico e científico, no âmbito do Exército Brasileiro, é responsabilidade do Instituto Militar de Engenharia (IME) e do

Centro Tecnológico do Exército (CTEx).

3. METODOLOGIA

O arranjo experimental apresentado na Fig. 1 e a metodologia empregada foram os mesmos aplicados na realização do trabalho "Dependência direcional do identificador ORTEC – modelo Micro Detective" [2].

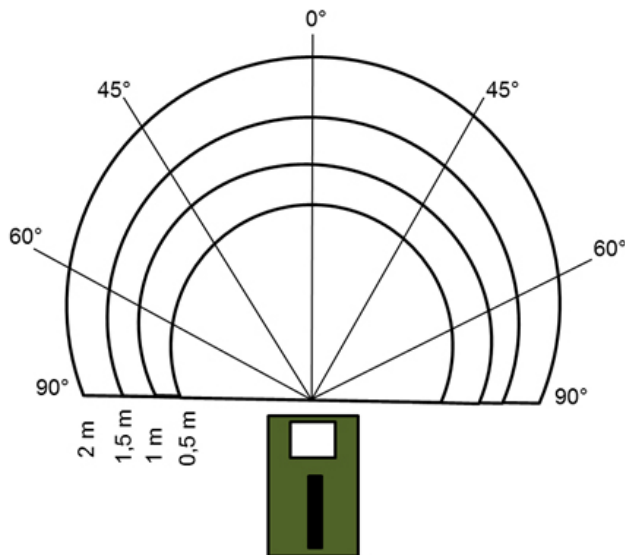


Figura 1 – Esquema do aparato Experimental montado com as marcações dos ângulos e distâncias. (Fonte: Autores)

Iniciou-se o experimento utilizando-se uma fonte de céσιο (¹³⁷Cs) com atividade inicial de 37,4 kBq, cuja data de fabricação é 17/04/2007. Por se tratar de uma instituição de ensino, o trabalho foi realizado com fontes de baixa atividade e por tanto, devido às condições experimentais, as medidas realizadas estavam próximo ao limiar de detecção do equipamento em função da influência da radiação de fundo.

A primeira medida realizada foi o levantamento da radiação de fundo (*background*- denominada BG) da sala.

A seguir posicionou-se a fonte de céσιο a 0,5 m no ângulo 0° Graus (tomado como ponto de referência) e executaram-

-se as seguintes tarefas:

1. Determinou-se o tempo necessário para o identificador detectar a fonte posicionada na localização acima citada, vide Tab. 1. (Coluna 3 – Tempo de Identificação);
2. Repetiu-se o procedimento acima, para os ângulos e distâncias propostas. O valor obtido para cada ângulo e para cada distância estão apontados nessa coluna na Tab. 1.

Para determinação da dependência direcional, a fonte de ^{137}Cs foi reposicionada no ponto de referência. Ajustou-se o equipamento no modo espectrometria e as demais características operacionais foram mantidas. Na sequência, o identificador foi interligado no computador do laboratório e com o auxílio dos softwares MAESTRO versão 7.0 e Gama Vision versão 8.0, utilizados para espectrometria gama, qualificação e quantificação de núcleos gama emissores. Adotou-se a resolução do sistema como, 0,225% considerando a energia do pico de 3,0 KeV, sendo a recomendada pelo fabricante, realizou-se então, a obtenção dos dados de análise com as seguintes características de aquisição:

1. Estabeleceu-se o tempo de medidas como sendo o tempo vivo de 300 s;
2. Obteve-se o espectro no tempo estabelecido;
3. Marcou-se o centro do fotopico (denominado centroide) e com a resolução estabelecida, demarcou-se uma área de contagem integrada que se iniciava cinco canais antes e terminava com o mesmo número de canais mantido o fotopico no centro e, para fins deste trabalho esta área denominou-se de Área Útil (Área NET).

Dando continuidade ao trabalho, os demais pontos foram obtidos seguindo procedimento abaixo descrito:

1. Mantendo-se as mesmas condições experimentais e operacionais do Micro Detetive utilizadas no ponto de referência, irradiou-se o equipamento nas diferentes angulações (0° , 45° , 60° e 90°) e distâncias (0,5 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m) pré-estabelecidas;
2. Nos pontos acima citados e mantendo-se o centroide e a Área útil estabelecida no ponto referência, os valores obtidos nas diferentes angulações e distâncias estão apresentados na Tab. 1 (Coluna 4 - Área NET);
3. Na coluna 5 (ver Tab. 1 - Dependência Angular), o valor expresso representa a relação entre a medida da área na posição relacionada e o valor obtido da Área Útil do ponto de referência.

Para continuação da caracterização do equipamento, dando sequência ao trabalho, determinou-se, então, o tempo de resposta e a dependência angular e direcional, para uma fonte de cobalto (^{60}Co) com atividade inicial de 41,0 kBq, cuja data de fabricação é 17/04/2007, possui duas energias gama características 1173.228 keV e 1332.492 keV

Para a realização desta etapa do trabalho, seguindo a mesma metodologia adotada para a fonte ^{137}Cs , adotou-se como referência a medida de BG realizada na etapa anterior.

Os resultados obtidos são apresentados na Tab. 2, para a primeira energia os resultados são apresentados nas colunas 4 (Área NET) e 6 (Dependência Angular), para a segunda energia os resultados são apresentados nas colunas 5 (Área NET) e 7 (Dependência Angular).

4. RESULTADOS

Seguindo a metodologia, nas Tab. 1 e 2, estão apresen-

tados os resultados obtidos com as fontes de ^{137}Cs e ^{60}Co , respectivamente.

Tab 1 - Resultados da dependência direcional para a fonte de Césio (^{137}Cs) obtidas com o SPIRID NaI ($3'' \times 1,5''$).

Fonte de Césio (^{137}Cs)				
Âng	Dist (m)	Tempo de Ident (s)	Área NET (661.657 keV)	Dep Angular
90°	0,5	3	1144 ± 99	1,002
	1	983	245 ± 54	3,967
60°	0,5	6	1209 ± 86	1,054
	1	872	189 ± 55	0,194
45°	0,5	4	1164 ± 101	1,014
	1	843	159 ± 53	0,163
0°	0,5	4	1147 ± 98	1
	1	765	972 ± 96	1
45°	0,5	3	1120 ± 108	0,976
	1	951	261 ± 53	0,268
60°	0,5	4	1240 ± 104	1,081
	1	829	169 ± 52	0,173
90°	0,5	10	1108 ± 108	0,965
	1	976	181 ± 56	0,186

Tab 2 – Resultados da dependência direcional para a fonte de cobalto (^{60}Co) obtidas com o SPIRID NaI ($3'' \times 1,5''$).

Fonte de Cobalto (^{60}Co)						
Âng	Dist (m)	Tempo de Ident (s)	Área NET (1ª E)	Área NET (2ª E)	Dep Angular (1ª E)	Dep Angular (2ª E)
90°	0,5	46	459 ± 82	331 ± 67	2,252	1,77
	1	Não identificou	-	-	-	-
60°	0,5	51	489 ± 73	258 ± 43	2,114	2,271
	1	Não identificou	-	-	-	-
45°	0,5	84	826 ± 158	392 ± 73	1,251	1,494
	1	Não identificou	-	-	-	-
0°	0,5	380	1034 ± 178	568 ± 66	1	1
	1	Não identificou	-	-	-	-
45°	0,5	131	924 ± 163	284 ± 70	1,119	2,063
	1	Não identificou	-	-	-	-
60°	0,5	173	506 ± 87	281 ± 72	2,043	2,085
	1	Não identificou	-	-	-	-
90°	0,5	398	396 ± 107	294 ± 67	2,611	1,993
	1	Não identificou	-	-	-	-

Segundo o manual do fabricante a resolução do equipamento é de 7,5% para a de energia de 0,662 MeV. O tempo de amostragem adotado foi de 300 s, para todas as distâncias e ângulos de irradiação avaliados neste trabalho. Da análise dos resultados apresentados nas Tab. 1 e 2, construiu-se os gráficos polares mostrando a variação da eficiência relativa do SPIRID NaI ($3'' \times 1,5''$) para as diferentes angulações e distâncias fonte-identificador. Na Fig. 2, é apresentado a dependência direcional obtida com a com fonte de ^{137}Cs . Nas Fig. 3 e 4 são apresentados a dependência direcional obtida com a fonte de ^{60}Co para as energias 1173.228 keV

e 1332.492 keV, respectivamente. Informo ainda que a curva de dependência direcional para a fonte de ^{60}Co a 1m de distância da fonte, não foi plotada no gráfico, em razão da não identificação da mesma pelo equipamento no tempo de contagem pré-estabelecido.

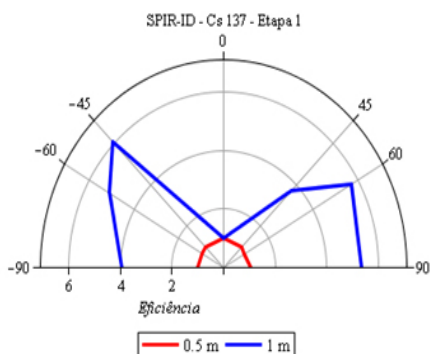


Fig 2 – Dependência Direcional utilizando a fonte de ^{137}Cs obtidas com o SPIRID NaI (3'' x 1,5''), no setup ilustrado na Fig. 1.

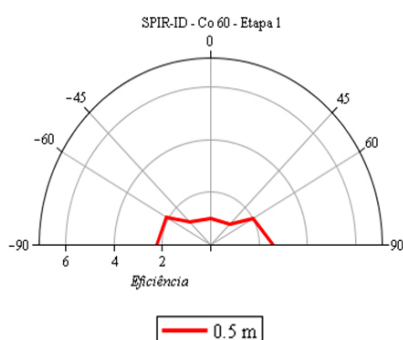


Fig 3 – Dependência Direcional utilizando a fonte de ^{60}Co (maior energia) obtidas com o Detector SPIRID NaI (3'' x 1,5''), no setup ilustrado na Fig. 1.

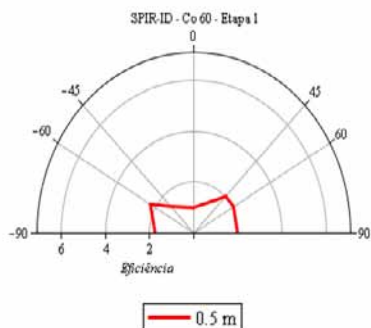


Fig 4 – Dependência Direcional utilizando a fonte de ^{60}Co (menor energia) obtidas com o SPIRID NaI (3'' x 1,5''), no setup ilustrado na Fig. 1.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados das Fig. 2, 3 e 4, conclui-se que:

1. O conhecimento da dependência angular deve ser repassado para a equipe de resposta do sistema de defesa do Brasil, no treinamento, de forma a aperfeiçoar o uso dos equipamentos empregados nessa tarefa;
2. Observou-se que o identificador SPIRID NaI (3'' x 1,5'') possui um cristal de grande dimensão, possibilitando boa eficiência de detecção para avaliações qualitativas. Não é indicado o uso do mesmo em análises quantitativas, devido a baixa resolução do equipamento;
3. Não estão disponíveis no manual do fabricante a eficiência de detecção nem o layout de construção do equipamento;
4. Por tratar-se de um laboratório de ensino, em função

da segurança radiológica, não era possível trabalhar-se com taxa de dose acima 5 $\mu\text{Sv/h}$ à 1 m, trabalhou-se, então, com taxa de dose da ordem de 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ à 1 m. Em decorrência disso e devido às distâncias fonte-identificador usadas e dos ângulos de incidência avaliados, as medidas foram realizadas próximo ao limiar de detecção do equipamento;

5. Ao realizarmos o estudo proposto, com as condições limitantes acima apresentadas, evidenciou-se a importância e a influência da radiação de fundo nos resultados aqui apresentados. Em situações de campo essa ocorrência poderia ser tratada como sendo do falso positivo. Lembrando o contexto que as atividades referentes ao assessoramento técnico científico, no âmbito do Exército Brasileiro, são responsabilidade do Instituto Militar de Engenharia (IME) e do Centro Tecnológico do Exército (CTEx), essa característica de resposta será repassada para as equipes de atuação em campo;
6. Quanto a dependência energética realizamos medidas com as fontes de ^{137}Cs e ^{60}Co , as disponíveis no laboratório de ensino, não podemos então, realizar as medidas de caracterização de dependência energética do equipamento;
7. Para fins deste trabalho e para melhor conhecimento da resposta do equipamento, fez-se a seguinte análise: inicialmente, tanto para a fonte de ^{137}Cs quanto para a fonte de ^{60}Co , adotou-se como valor de referência as contagens obtidas na distância de 0,5 m no ângulo de incidência 0°. Em seguida, considerando a atenuação seguindo a relação do inverso do quadrado da distância, esse valor foi corrigido matematicamente para a distância de 1,0 m, o resultado desta correção foi denominado valor esperado. Em seguida fez-se a razão entre a contagem obtida experimentalmente a 1,0 m de distância no ângulo de incidência 0° pelo valor esperado, o resultado dessa razão denominou eficiência relativa. Encontraram-se então os seguintes resultados: para a fonte de ^{137}Cs a eficiência relativa foi de 3,83%; para a fonte de ^{60}Co não foi possível obter a eficiência relativa devido a não identificação do radionuclídeo. Evidenciando assim, mais uma vez, a influência da radiação de fundo nos resultados apresentados;
8. Na Tab. 3 são apresentados os valores de eficiência de detecção obtidos a 0,5m e a 1,0m de distância da fonte para as energias gama emitidas pelas fontes de ^{137}Cs e ^{60}Co ;
9. Para melhor caracterização da resposta deste equipamento, medidas complementares serão realizadas no Laboratório de Espectrometria no CTEx, para tal serão utilizadas fontes com taxa de dose de 1mSv/h. Devido a exiguidade de tempo, as medidas não foram finalizadas a tempo de serem apresentadas neste trabalho.

Tab 3 – Eficiência detecção a 0,5m e a 1,0m de distância da fonte.

Fonte	Eficiência de Detecção a 0,5m	Eficiência de Detecção a 1,0m
^{137}Cs (661.657 keV)	3,83%	3,24%
^{60}Co (1173.228 keV)	8,91%	-
^{60}Co (1332.492 keV)	4,89%	-

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRASIL, Portaria n.º 1787/MD, de 03 de julho de 2012. Criação da Subcomissão Departamento de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (DQBRN). Diário Oficial da União, 13 julho. 2012, Seção II.
- [2] ARBACH, Mayara Nascimento; KARAM, Rudnei M.; CARDOSO, Domingos D.O.; SANT'ANNA, Viviane C.; VELLOZO, Sergio de O.; GOMES, Renato G.; DE AMORIM, Aneuri S. Dependência direcional do identificador ORTEC – modelo Micro Detective. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES, 3., 2016, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CBMRI, 2016.
- [3] MARQUES, Luís Miguel Cabeça. Estudo comparativo de detectores de HPGe, NaI(Tl), CdZnTe para aplicações em segurança e para resposta a ameaças nucleares e radiológicas. 2011. 171f. Tese (Mestrado em Engenharia Física) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa. 2011.