

# ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE MONITORES PORTÁTEIS DE RADIAÇÃO GAMA

Vítor Vívoló e Linda V.E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear  
Caixa Postal 11049  
05422-970, São Paulo, Brasil

## RESUMO

Uma série de testes de desempenho foram aplicados a instrumentos monitores portáteis de radiação do tipo Geiger-Müller, câmara de ionização e cintilador, comumente usados no Brasil. O objetivo deste trabalho foi o estabelecimento de uma metodologia de testes para serem aplicados aos equipamentos monitores portáteis de radiação novos, assim como, aos que já foram reparados (receberam manutenção corretiva). Os testes incluem a verificação das dependências energética e angular, além de ensaios para verificação da variação da resposta com a tensão das baterias (por se tratarem de equipamentos portáteis), e ainda ensaios para determinação do erro intrínseco do aparelho.

## I. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Calibração do IPEN dispõe de fontes radioativas gama, beta e alfa com diversas atividades, com as quais são calibrados monitores portáteis segundo as normas e as recomendações internacionais<sup>(1,2)</sup>.

São oferecidos serviços de calibração de instrumentos tanto para o IPEN como para instituições externas. Como controle de qualidade dos serviços prestados, desde 1980 o Laboratório vem participando das intercomparações anuais promovidas pelo Laboratório Nacional de Radiações Ionizantes, Instituto de Radioproteção e Dosimetria/CNEN, Rio de Janeiro. O número de equipamentos calibrados vem aumentando ao longo dos últimos anos; em 1999 foram cerca de 1650 monitores portáteis. Destes, muitos dos equipamentos de usuários externos, já sofreram alterações consideráveis, como a troca do próprio tubo Geiger-Müller, nem sempre substituído por outro do mesmo modelo. A consequência imediata é a variação da dependência energética do detector e a descaracterização do equipamento pela marca e modelo.

Na manutenção corretiva de monitores portáteis de radiação, devem ser utilizados componentes eletro/eletrônicos com características no mínimo equivalentes àqueles especificados pelo fabricante<sup>(3)</sup>. Periodicamente, durante a vida útil do instrumento, devem ser realizados testes, para verificar se os mesmos preservam suas características operacionais, originais de fábrica, uma vez que elas podem ser afetadas pelo envelhecimento de seus componentes (peças), assim como após sofrerem reparos ou manutenção, com substituição de peças ou componentes<sup>(3)</sup>. As características operacionais de um

equipamento podem ser definidas por meio de testes especiais, que indicam o quão próximas do esperado estão as leituras realizadas pelo instrumento nas condições reais de operação<sup>(3)</sup>.

O objetivo deste trabalho é o estabelecimento de programa de testes aplicáveis aos monitores portáteis de radiação gama.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado um irradiador da STS Steuerungstechnik & Strahlenschutz GmbH, Alemanha, modelo OB85, com uma fonte de <sup>60</sup>Co, com atividade nominal de 20,6 GBq (junho/2000), uma fonte de <sup>137</sup>Cs com atividade nominal de 657 GBq (junho/2000) e uma fonte de <sup>241</sup>Am com atividade nominal de 7,3 GBq (junho/2000). Além disso, foi utilizada uma fonte extra de <sup>137</sup>Cs, Graetz, modelo NW 125, com atividade de 203 MBq (junho/2000).

Foram testados 7 monitores portáteis de radiação do tipo Geiger-Müller, 4 câmaras de ionização do tipo selado, 2 câmaras de ionização do tipo não selado e 1 monitor de radiação do tipo cintilador. As leituras efetuadas com as câmaras de ionização do tipo não selado foram corrigidas para as condições de referência de temperatura e pressão (20,0±0,1) °C e (92,93±0,07) kPa, e operam com umidade relativa do ar menor que 50%. Para fins de identificação dos equipamentos durante os testes, eles receberam um código, levando-se em conta o tipo e modelo do elemento detector, conforme descrito na Tabela 1.

TABELA 1. Relação dos Equipamentos Portáteis de Radiação Testados

Marca	Modelo	Tipo	Código
Ludlum	3	Geiger-Müller	A1, A2, A3, A4 e A5
Nortron	NDG 1000 A	Geiger-Müller	A6
Ipen	PI 760	Geiger-Müller	A7
Victoreen	450 P	Câmara de ionização	C1, C2, C3, C4
Nardeaux	Babyline 81	Câmara de ionização	C5, C6
Victoreen	Thyac III	Cintilador	T1

### III. RESULTADOS

#### Dependência Energética.

A dependência energética de um monitor portátil de radiação pode ser entendida como a variação na resposta do instrumento em função da energia da radiação, para um mesmo tipo de radiação e taxa de dose absorvida referenciada ao tecido ou no ar, em princípio, para todas energias. Deve-se manter o valor da taxa de exposição constante<sup>(3)</sup>. As qualidades dos campos de radiação que devem ser empregados neste ensaio são fornecidas pela Norma ISO 4037-1979 (E)<sup>(2)</sup>.

Os detectores foram submetidos à radiação gama de fontes de <sup>60</sup>Co e <sup>137</sup>Cs provenientes do irradiador, devidamente alinhado com o sistema de posicionamento do equipamento, composto por uma mesa com altura ajustável, sobre um trilho metálico onde se pode variar a distância entre a fonte de radiação e o equipamento, mantendo-se o centro do elemento detector sempre alinhado com o feixe de radiação. As distâncias utilizadas para os detectores Geiger-Müller variaram de 117,5 a 190,5 cm, para as câmaras de 120,5 a 271,5 cm e para o cintilador de 106,5 a 155,0 cm. As diferentes distâncias utilizadas levam em conta o número de escalas do equipamento que foram testadas. De acordo com a Norma IEC 395<sup>(4)</sup>, a indicação do instrumento não deve diferir em mais de  $\pm 25\%$  para energias entre 50 keV e 3 MeV.

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos dos testes de dependência energética dos monitores portáteis de radiação. Verifica-se que somente o detector do tipo cintilador não atende ao recomendado pela Norma IEC 395<sup>(4)</sup>.

TABELA 2. Dependência Energética dos Monitores Portáteis de Radiação

Equipamento	Dependência Energética (%)
A1	20,0
A2	20,0
A3	25,0
A4	20,0
A5	25,0
A6	15,9
A7	23,9
C1	7,7
C2	7,7
C3	5,2
C4	6,3
C5	1,3
C6	1,7
T1	115,0

#### Dependência Angular.

Se os instrumentos portáteis de medida da radiação são utilizados sob condições de falta de uniformidade de irradiação do volume sensível do seu elemento detector (próximo à fonte ou a um feixe de radiação), a resposta do equipamento poderá variar significativamente com a geometria da fonte, geometria do detector, e ainda com a distância entre a fonte e o detector<sup>(4)</sup>. A indicação à radiação incidente pode se alterar com a mudança de ângulo da direção formada entre o elemento detector e o feixe de radiação incidente em seu volume sensível.

Os monitores portáteis foram posicionados no banco de calibração, na posição de calibração, ou seja, com o feixe de raios gama incidindo no centro geométrico do elemento detector. Nessa situação os equipamentos se encontram sobre a mesa de calibração no plano horizontal (paralelos à mesa), sendo esta a posição adotada como de ângulo 0°. A partir da posição de calibração convencionou-se um sentido de rotação do detector para a direita (45 e 90°), ou sentido horário, que corresponde à mudança de direção do ângulo formado entre o feixe de radiação e o detector. O mesmo procedimento foi adotado para o sentido anti-horário. Para a realização dos testes utilizou-se a fonte de <sup>241</sup>Am selada (60 keV), com atividade de 7,3 GBq.

Na Tabela 3 pode-se observar os resultados dos testes de dependência angular dos monitores portáteis testados.

Os valores que constam na tabela são dados em porcentagem (%) da variação da leitura com relação aos valores obtidos com os equipamentos na posição de calibração (ângulo 0°). Segundo a Norma IEC 395<sup>(4)</sup>, a indicação não deve ser menor que 50% da indicação obtida segundo a direção de calibração para um ângulo máximo de

90°, e ainda uma indicação não inferior a 80% para um ângulo máximo de 45°, com relação ao ângulo de calibração. Dos dados obtidos verifica-se que somente os detectores do tipo câmara de ionização e do tipo cintilador estão de acordo com o recomendado pela Norma IEC 395<sup>(4)</sup>, não ocorrendo o mesmo com os detectores do tipo Geiger-Müller.

TABELA 3. Dependência Angular dos Monitores Portáteis de Radiação em Relação a Posição de Calibração (ângulo de 0°) dado em Porcentagem de Desvio da Leitura

Equipamento	Ângulo - 45°(%)	Ângulo + 45°(%)	Ângulo 90°(%)
A1	41,1	39,7	80,0
A2	38,5	37,2	79,3
A3	36,6	35,4	75,6
A4	32,9	34,2	78,3
A5	45,1	42,9	81,0
A6	22,0	23,3	76,7
A7	30,3	31,6	70,7
C1	9,4	10,4	12,0
C2	9,9	8,8	10,0
C3	12,4	12,4	13,0
C4	8,2	9,2	10,0
C5	8,8	6,8	12,3
C6	8,0	8,8	12,6
T1	5,0	8,0	31,0

#### Variação da Resposta com a Tensão da Bateria.

Por se tratar de equipamentos portáteis, deve-se tomar cuidados especiais com as baterias que fornecem a energia elétrica necessária para o funcionamento autônomo deles. Para a realização deste ensaio, as baterias dos equipamentos foram substituídas por fontes de tensão contínua, que executam a mesma função das baterias com a vantagem de permitirem o ajuste do valor da tensão a ser fornecida ao monitor portátil de radiação.

Utilizou-se a fonte de radiação gama de <sup>137</sup>Cs, com 203 MBq de atividade, para se obter a medida de radiação após efetuada a alteração da tensão de alimentação do equipamento para os valores de tensão nominal (fornecida pelo fabricante, ou que consta nos manuais do aparelho), e tensões máxima e mínima. Estas correspondem às deflexões máxima e mínima do ponteiro do equipamento na posição de verificação do estado de bateria do aparelho na escala apropriada.

Os valores obtidos foram registrados para avaliação do desvio na leitura com a variação da tensão de

alimentação do equipamento. Deseja-se saber o quanto são afetadas as medidas de radiação feitas com o monitor de radiação, quando a sua tensão de alimentação variar.

A Tabela 4 apresenta os dados dos testes de variação da leitura dos monitores portáteis de radiação com a tensão da bateria. Os dados que constam na tabela são fornecidos em porcentagem de desvio de leitura, com relação aos valores obtidos para tensão de operação nominal. Segundo a Norma IEC 395<sup>(4)</sup>, a indicação da radiação não deve diferir em mais que  $\pm 10\%$  do valor medido com a tensão nominal em condições extremas de variação, ou tensão de alimentação máxima ou mínima. Dos valores obtidos verifica-se que apenas os equipamentos denominados A4, A7, C1, C3 a C6 e T1 foram aprovados neste teste, sendo que os demais aparelhos não seguiram a recomendação da norma.

TABELA 4. Variação da Leitura com a Tensão da Bateria dos Monitores Portáteis de Radiação

Equipamento	Varição da Leitura para Tensão de Alimentação Máxima (%)	Varição da Leitura para Tensão de Alimentação Mínima (%)
A1	4,5	14,8
A2	8,0	12,3
A3	6,3	10,6
A4	5,9	4,6
A5	11,4	7,9
A6	11,5	2,9
A7	4,5	10,0
C1	3,7	2,2
C2	1,3	16,3
C3	0,3	1,2
C4	1,6	9,3
C5	5,8	9,6
C6	7,3	10,0
T1	4,8	4,0

#### Erro Intrínseco.

O erro intrínseco de um instrumento de medida da radiação pode ser entendido como o erro da indicação da leitura do mesmo, quando está operando em condições ideais, ou de referência.

O valor do erro intrínseco é dado em termos percentuais, pela diferença entre o valor da taxa de exposição lida pelo instrumento e a taxa de exposição da fonte utilizada no ensaio, dividido pela taxa de exposição da fonte. A fonte de radiação gama de <sup>60</sup>Co foi empregada neste ensaio.

Para fins deste ensaio o valor da taxa de exposição verdadeira convencional, deve ser conhecida com uma exatidão igual ou melhor que  $\pm 5\%$ .

Todos os equipamentos que foram ensaiados possuem escalas de leitura linear, segundo recomenda a Norma IEC 395<sup>(4)</sup> para testes de desempenho de monitores portáteis de radiação. O ensaio deve ser realizado em todas as faixas nominais no mínimo em três pontos, a cerca de 75, 50 e 30% do limite superior de cada faixa nominal. Para equipamentos com escalas logarítmicas, este ensaio deve ser realizado no mínimo em dois pontos de cada década de todas as faixas nominais. Segundo a norma, o erro intrínseco máximo admissível deve estar dentro de  $\pm 10,0\%$ .

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos para o ensaio de erro intrínseco da leitura dos monitores portáteis de radiação. Dos dados obtidos verifica-se que somente os equipamentos A6 e T1 não estão de acordo com o recomendado pela norma.

TABELA 5. Erro Intrínseco da Leitura dos Monitores Portáteis de Radiação

Equipamento	Erro Intrínseco da Leitura (%)
A1	2,5
A2	5,0
A3	4,4
A4	3,0
A5	7,2
A6	10,2
A7	5,5
C1	6,7
C2	10,0
C3	8,5
C4	3,9
C5	9,8
C6	6,6
T1	10,7

#### IV. CONCLUSÕES

Os testes de desempenho de monitores de radiação podem ser feitos pelo fabricante, usuário ou num laboratório independente, mesmo antes da comercialização de um equipamento novo. Dos dados obtidos, verifica-se que os detectores do tipo Geiger-Müller obtiveram o melhor resultado no ensaio de erro intrínseco. O cintilador apresentou os melhores resultados nos ensaios de dependência angular (ângulo máximo de  $45^\circ$ ) e variação da leitura com a tensão da bateria (tensão de alimentação mínima). As câmaras de ionização foram as mais bem

sucedidas nos testes de dependência energética e angular, e ainda no de variação da tensão de bateria (tensão de alimentação máxima).

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro parcial.

#### REFERÊNCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency. **Calibration of radiation protection monitoring instruments**, IAEA, Vienna, 1996.(Review of Technical Report Series nº133, Draft).
- [2] International Organization for Standardization. **X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy. Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as function of energy and angle of incidence**. ISO, Geneva, Aug. 1997. (ISO/DIS 4037-3).
- [3] American National Standard. **Radiation protection instrumentation test and calibration portable survey instruments**. ANSI, New York, Dec. 1997 (ANSI N323 A: 1997).
- [4] International Electrotechnical Commission. **Portable X and gamma radiation exposure rate meters and monitors for use in radiological protection**. Geneva, 1972 (IEC 395).

#### ABSTRACT

A series of type tests recommended by international standards was applied to the gamma radiation monitoring survey meters (Geiger-Müller type, ionization chambers and a scintillator) commonly used in Brazil. The objective was to establish a routine test methodology to be applied to new and to repaired instruments. The tests included the verification of energy and angular dependences, variation of response with the battery voltage and intrinsic errors.