

## **DEPENDENCIA ANGULAR EN LOS MONITORES UTILIZADOS EN MEDICINA NUCLEAR**

## **DEPENDÊNCIA ANGULAR DOS MONITORES UTILIZADOS EM MEDICINA NUCLEAR**

**Lopes, P.H.S.<sup>1</sup>, Barros, F. S. <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica (UTFPR-PPGEB)  
saicla@utfpr.edu.br

### **RESUMEN**

Uno de los tipos de vigilancia aplicados en los servicios de medicina nuclear es el área con el fin de vigilar y estimar las dosis recibidas por los trabajadores, los pacientes y las personas del público. Los titulares y los empleadores son responsables de la evaluación de la exposición ocupacional de la OIE (personas expuestas ocupacionalmente). Esta evaluación debe basarse en la vigilancia radiológica individual y área según sea el caso. Está previsto en la norma técnica, la realización y el registro de supervisión radiométrica, con la máxima quincenal, teniendo en cuenta todos los puntos de las fuentes radiactivas y el valor de la radiación de fondo del área libre. Si el examen del estudio radiométrico indican que los niveles de dosis operacionales pueden ser superados en las áreas monitoreadas, el uso de escudos y la adopción de otras medidas de protección radiológica debe ser considerado. El trabajo descrito en este trabajo tiene como objetivo encontrar la dependencia angular del equipo para ayudar en la vigilancia de la radiación y la comprobación de la eficacia de este detector cuando se utiliza en el área de la vigilancia en los servicios de medicina nuclear. Las pruebas de dependencia angular muestran que la radiación gamma de baja emisión de energía de fuentes (alrededor de 100 keV), el tipo de detector Geiger-Müller no es apropiado (variación en la lectura de hasta 250%). Esto es debido al elemento detector principalmente por el tipo de material utilizado para la fabricación de la sonda de detección (hierro y aluminio de diferentes espesores) que actúa como un blindaje para las fuentes de radiación de baja potencia, interfiriendo considerablemente con las lecturas tomadas por la máquina.

### **1 INTRODUÇÃO**

O aumento crescente da aplicação da radiação ionizante na indústria, medicina e agricultura, particularmente na forma de irradiadores, equipamentos de raios X e fontes não seladas, conduz a uma maior utilização de instrumentos eletrônicos que permitem mensurar os efeitos causados pela radiação, visando controlá-los [1,2].

Os instrumentos eletrônicos utilizados na radioproteção são os monitores de radiação, os quais devem apresentar limites aceitáveis de exatidão, seguindo as recomendações internacionais específicas, para garantir a confiabilidade nos resultados. Para tanto, se torna necessária a calibração desses monitores [1,2].

A calibração gera um fator de calibração, o qual é multiplicativo e converte o valor indicado nos instrumentos para o valor real da grandeza mensurada. No entanto, os procedimentos usados para calibração variam com o tipo de instrumento, tipo de radiação, a energia a ser detectada e, ainda, com a finalidade da utilização do equipamento a ser calibrado [1].

Os monitores portáteis de radiação são amplamente utilizados para monitorar áreas controladas e supervisionadas. O seu emprego tem grande valia para as tarefas e rotinas realizadas nestas áreas. A confiabilidade das medidas realizadas pelos equipamentos é essencial para a segurança física dos usuários dos instrumentos e do patrimônio, assim como para o meio ambiente [3,4].

Para se obter a confiabilidade é necessário estabelecer um procedimento de rotina para a verificação das condições operacionais dos instrumentos, de maneira a garantir a qualidade das mensurações realizadas pelo equipamento. A verificação das características operacionais dos monitores portáteis de radiação é realizada por meio de testes de desempenho, os quais podem ser entendidos como um conjunto de procedimentos (ensaios e testes) que permitem avaliar atualmente as condições operacionais dos equipamentos.

Segundo a norma NN-CNEN 3.01 [5], a monitoração de área é obrigatória nas áreas controladas e supervisionadas, pois através dela é possível garantir formas de controle e evitar exposições desnecessárias. A monitoração de área é obrigatória em todos os tipos de instalações radioativas e é de extrema importância em vista da proteção radiológica. A referida norma ainda determina que na medicina nuclear deve ser realizado e registrado um levantamento radiométrico, com periodicidade máxima quinzenal, considerando todos os pontos de abrigo de fontes radioativas e o valor da radiação de fundo em área livre.

Pela importância da exatidão das medidas de taxa de exposição ocupacional, a análise da metodologia de testes para verificar dependência angular deve ser verificada aos monitores portáteis de radiação gama, que são muito utilizados nos serviços e nas rotinas operacionais de radioproteção [6].

## **2. METODOLOGIA**

Inicialmente, foi realizado um estudo sobre o desempenho do equipamento para verificar a variação de algumas características, observando-se que não se tem uniformidade de irradiação do volume sensível do elemento detector (próximo à fonte ou a um feixe de radiação), o que significa que a resposta do equipamento pode variar significativamente com a geometria da fonte, a geometria do detector e, ainda, com a distância entre a fonte e o detector.

O ângulo da direção formado entre o elemento detector e o feixe de radiação incidente pode alterar o valor indicado de radiação incidente em seu volume sensível. Portanto, devem ser realizados testes e verificações periódicas da dependência angular dos detectores portáteis. Tais testes devem ser realizados com a energia mais baixa possível, obedecendo aos limites de 50 KeV e 150 KeV, ou seja, compatível com as características de resposta do instrumento [2].

Nesse estudo, os monitores portáteis foram posicionados no banco de calibração, na posição de calibração, ou seja, com o feixe de raios gama incidindo sobre a sonda detectora, atingindo o centro geométrico do elemento detector. Nesta condição, a posição adotada para os equipamentos sobre a mesa de calibração no plano horizontal (paralelos à superfície da mesa), foi considerado um ângulo de 0°.

Na posição de calibração, convencionou-se um sentido de rotação do detector para direita (sentido horário), considerando os ângulos de 45° e 90°, para corresponder à mudança de sentido do ângulo formado entre o feixe de radiação gama e o detector. Foi realizado o mesmo procedimento para o sentido anti-horário, procedendo-se as medidas. Estes procedimentos permitem que seja verificado o comportamento do detector em situação normal de uso.

Para a realização dos testes foi utilizada a fonte de <sup>241</sup>Am, com atividade de 250 mCi (energia entre 50 KeV e 150 KeV). Destaca-se que os materiais utilizados para recobrir o detector (sonda) podem afetar as medidas de fontes de radiação de energias baixas, podendo barrar estes feixes ou modificar os valores obtidos na leitura.

Em seguida, foi feito um estudo exploratório em 30 serviços de medicina nuclear do estado do Paraná, São Paulo e Santa Catarina. As clínicas que aceitaram fazer parte da pesquisa responderam um questionário, mostrando o tipo de detector utilizado nas monitorações de área exigidas pela norma CNEN NN-3.05.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos da taxa de exposição em relação às variações dos ângulos são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1. Taxa de exposição em relação ao ângulo**

Detector	Posição 0°	Posição 45°	Posição - 45°	Posição 90°	Varição Máxima
1. Geiger Muller	1,89	1,01	1,01	0,54	250
2. Geiger Muller	1,77	1,10	1,10	0,60	195
3. Câmara ionização	1,08	0,99	0,95	0,92	17

Fonte: Dados da pesquisa em Cpm.

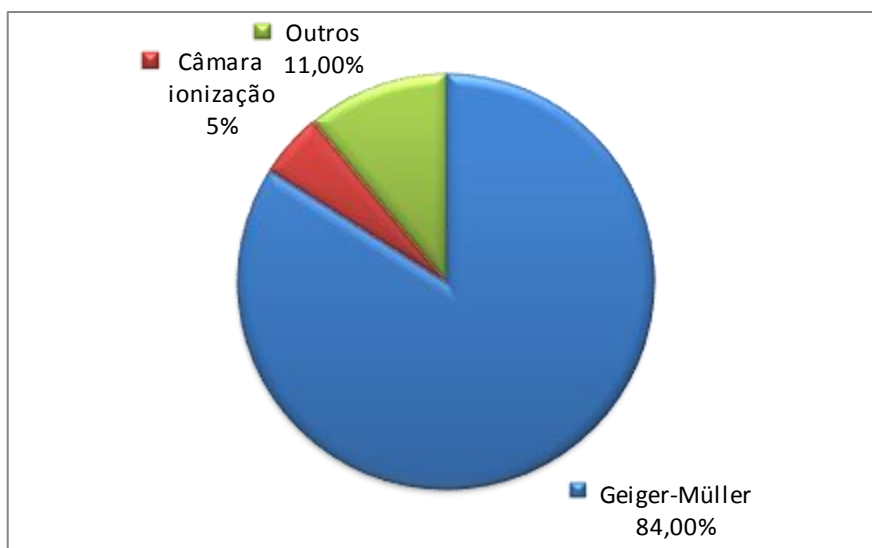
Deve-se observar que ao se manusear os equipamentos portáteis e de campo, pode ocorrer variação devido ao balanço da mão e, assim, o valor da medida pode ser alterado em função da direção formada entre o detector e o feixe de radiação que está sendo medido.

Os resultados obtidos nesse estudo mostram que os detectores Geiger-Müller apresentam as maiores dependências angulares, atingindo valores de até 250% de desvio na indicação da leitura para um ângulo de 90° formado entre o eixo longitudinal do detector e o feixe de radiação e de cerca de 75 % de desvio na indicação da leitura em um ângulo de 45°.

Segundo a norma I EC 395 [7], a indicação à radiação incidente, segundo um ângulo não superior a 45° com relação à direção de calibração, não deve ser menor do que 80% da indicação obtida segundo a direção de calibração; para um ângulo máximo de 90°, a indicação não deve ser menor do que 50 % da indicação obtida segundo a direção de calibração. Verifica-se que os detectores portáteis do tipo Geiger-Müller não atendem ao recomendado pela referida norma, uma vez que atingiram até 250 % de desvio na medida, enquanto é permitida uma variação máxima de 50% (para um ângulo de 90°). Segundo

Vívolo V. [2], os instrumentos de monitoração de área do tipo Geiger-Müller atingiram até 1260 % de desvio na medida (para um ângulo de 90°) indicando mais de 50% do valor permitido e não atendem o valor recomendado pela norma I EC 395 [7]. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que cerca de 50% dos EEM disponíveis nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos estejam operando fora dos padrões recomendados pelos fabricantes [3].

A Figura 1 apresenta o levantamento de dados obtido com as respostas questionário respondido pelos serviços de medicina nuclear mostrando que 84% das clínicas utilizam Geiger-Müller como instrumento de medida para levantamento radiométrico.



**Figura 1. Instrumentos de monitoração utilizados pelas clínicas de medicina nuclear**  
**Fonte: Dados da pesquisa.**

A dependência angular é um forte parâmetro a ser analisado para levantamentos radiométricos na área de medicina nuclear, pois nesta modalidade de instalação, a radiação detectada pode ser recebida de diversos ângulos por fontes espalhadas e contaminação existente. Assim, acredita-se que quanto maior o número e fontes espalhadas em uma dependência maior será a incerteza de medida do instrumento. Segundo os dados de Schwarcke M. [6], no teste do levantamento radiométrico, a câmara de ionização 2130 Mini-ION mostrou-se constante em suas medidas, apresentando uma maior sensibilidade quanto a alterações quando comparados aos monitores do tipo Geiger-Muller.

De acordo com os dados, bem como do ponto de vista de desempenho, o profissional deve executar e analisar as medidas de taxa de área análise em diferentes posições, pois assim tais medidas podem ser mais exatas do ponto de vista metrológico, pois diminuirá o ofuscamento causado por dependência angular. A mesma dependência não ocorre nos levantamentos radiométricos em radiodiagnóstico ou raios-x industrial, nos quais o detector está totalmente voltado para a fonte durante as medidas de taxa de exposição [8].

Embora os dados obtidos nesse estudo indiquem que os detectores portáteis do tipo Geiger-Müller não atendam ao recomendado, esses são os mais usados devido as outras características que apresenta, como o custo, a sensibilidade e a baixa manutenção [9].

#### 4. CONCLUSÃO

Os ensaios de dependência angular mostram que para fontes emissoras de radiação eletromagnética de energias baixas (cerca de 80 keV), os detectores do tipo Geiger-Müller ensaiados não são adequados (variação na leitura de até 250%). Isso se deve ao tipo do elemento detector (características construtivas) e, principalmente, ao tipo de material utilizado na confecção da sonda detectora (ferro, alumínio de diferentes espessuras), que funciona como uma blindagem para fontes de radiação de energias baixas, afetando sensivelmente as leituras efetuadas pelo equipamento.

A norma CNEN 3.05 não preconiza em nenhum momento o tipo de detector que deverá ser utilizado para uso da prática de monitoração de área, possibilitando que as clínicas licenciadas possam utilizar qualquer um dos detectores existentes desde que, tenha resolução de escala suficiente para a prática autorizada.

É importante do ponto de vista de radioproteção um estudo mais aprofundado das normas da CNEN e a da área de desempenhos dos instrumentos utilizados na prática de levantamentos radiométricos.

A garantia da confiabilidade metrológica de EEM depende, não só da atuação dos engenheiros clínicos com sua formação complementada por conhecimentos em metrologia, mas também da qualidade dos laboratórios de calibração e ensaio comprovada por um processo de acreditação. Existe um reduzido número de laboratórios capacitados no Brasil, sendo necessário o desenvolvimento de uma rede de laboratórios para avaliação metrológica de EEM.

#### 5. REFERÊNCIAS

1. Oliveira, E.C. *Estabelecimento de campos padrões de raios-x de energia baixa, nível de radioproteção, para calibração de instrumentos*. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo. 1995.
2. Vívoló, V. *Aplicação de metodologia de testes de desempenho para monitores portáteis de radiação*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. USP, São Paulo, 2000.
3. Monteiro, E.C.; Lessa, M.L. A metrologia na área de saúde: garantia da segurança e da qualidade dos equipamentos eletromédicos. *ENGEVISTA*, v. 7, n.2, pp. 51-60, dez. 2005.
4. Silva Neto, P.J. *Desenvolvimento de um monitor portátil para detecção de radiação gama e raios X*. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2005.
5. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. *NN-3.05 - Diretrizes básicas de radioproteção*. 2013.

6. Schwarcke, M.M.; Cardoso, D.D.; Ferreira, N.M. Comparação entre detectores utilizados para medidas ambientais em serviços de medicina nuclear. *Tecnologia*, 2009.
7. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL VOCABULARY. *Part 395: nuclear instrumentation: physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors.*
8. Demir, M. et al. Radiation protection for accompanying person and radiation workers in pet/ct. *Radiat. Prot. Dosimetry*, v. **147**, n. 4, pp. 528-532, Nov. 2011.
9. Tahuata, L. et al. *Radioproteção e dosimetria*. Apostila. Rio de Janeiro, 2011.