

616733/349

## CONTROLE DE QUALIDADE DO SISTEMA DE CALIBRAÇÃO DE MONITORES DE ÁREA DO LNMRI

M.M.O. Ramos e L.C. de Freitas

Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes  
Instituto de Radioproteção e Dosimetria CNEN

### RESUMO

O LNMRI realiza, entre outras atividades, a calibração periódica de monitores de área utilizados em radioproteção. O controle de qualidade dos equipamentos utilizados na calibração é apresentado, envolvendo resultados de acompanhamento de sistemas de medida padrão e sistema de irradiação. Tabelas e gráficos demonstram a qualidade dos sistemas e do acompanhamento dos mesmos.

### INTRODUÇÃO

O Laboratório de Dosimetria Padrão Secundário (SSDL-Rio de Janeiro), reconhecido em 1989 como o Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), desenvolve suas atividades metrológicas nas áreas de aplicações médicas, de radioproteção e de radionuclídeos. Ao longo dos anos vem sendo aplicado um programa de controle de qualidade de seus sistemas e padrões, que garante a rastreabilidade de suas medidas e possibilitam sua ligação ao Sistema Metrológico Internacional.

Dentre várias atividades, cabe ao LNMRI realizar a calibração periódica de monitores de área utilizados em radioproteção. A garantia da qualidade deste serviço é analisada neste trabalho, que abrange, exclusivamente, o controle dos sistemas de medida e os sistemas de irradiação utilizados.

### EQUIPAMENTOS E METODOLOGIA

O controle de qualidade do sistema de calibração de monitores é efetuado atuando-se, primeiramente, nos sistemas de medida padrão e, com a utilização destes, no sistema de irradiação.

#### Sistemas de Medida Padrão

Os sistemas de medida padrão são compostos de câmaras de ionização padrão secundário e eletrômetros associados. O comportamento destes sistemas é acompanhado através da determinação periódica da corrente de fuga e da corrente gerada na câmara por uma fonte radioativa de referência, além da participação em intercomparações com padrões de mesmas características. A tabela 1 identifica os dois sistemas utilizados.

Tabela 1: Sistemas de medida

| Eletrômetro                        | Câmara                 | Data de calibração | Laboratório  |
|------------------------------------|------------------------|--------------------|--------------|
| NE2300-3/1695<br>Kathlyn616/204211 | NE2375/233<br>L801/105 | ago/84<br>maio/83  | INPL<br>OPIS |

INPL - National Physical Laboratory  
OPIS - Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf

#### Sistema de Irradiação

O sistema de irradiação é composto de irradiador com fontes isotrópicas e do conjunto posicionador de instrumentos. O acompanhamento do comportamento deste sistema é feito através de dosimetrias [4] com o sistema de medida adequado à grandeza que se deseja medir. O irradiador utilizado foi construído no IRD e tem capacidade para até 5 fontes. Ao longo dos anos, quatro fontes isotrópicas, fabricadas e calibradas no Laboratoire de Metrologie des Rayonnements Ionisants da França, foram instaladas. Além disso, o irradiador foi mudado de sala por duas vezes, ora para minimizar as condições de espalhamento ora para otimizar a utilização dos sistemas de irradiação do LNMRI. As mudanças ocorridas no sistema foram sempre seguidas de dosimetria e estão registradas na tabela 2.

Em cada dosimetria foram realizadas medidas a várias distância das fontes, entre 50cm e 400cm. A repetibilidade do posicionamento do sistema de medida foi garantida com o auxílio de uma trena fixada ao conjunto posicionador e dois tubos laser indicadores de posição.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Sistema de Medida

Antes de se iniciar as medidas com o sistema padrão, verificou-se se sua corrente de fuga estava dentro do limite recomendado para padrões secundários na norma IEC 731 [2], ou seja,  $\pm 0,5\%$  da corrente produzida pela menor taxa de exposição para a qual a câmara foi projetada. Obtendo-se resultado satisfatório, as medidas eram iniciadas.

As medidas com a fonte radioativa de referência têm o objetivo de confirmar que a sensibilidade do sistema de medida não muda significativamente com o tempo, ou seja, de avaliar

sua reprodutibilidade, ou estabilidade ao longo do tempo, e sua repetibilidade.

Para os padrões secundários utilizados a nível de radioproteção, não há recomendações em norma sobre o limite de reprodutibilidade e repetibilidade. Entretanto, nossa experiência com o acompanhamento das duas câmaras, desde 1985, mostra que o limite para reprodutibilidade pode ser estabelecido em torno de  $\pm 1\%$  e o de repetibilidade em torno de  $\pm 0,5\%$ . As figuras 1 e 2 apresentam os resultados obtidos nos últimos anos para os dois sistemas de medida utilizados.

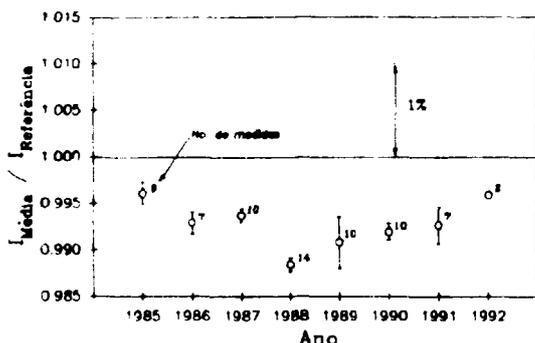


Figura 1: Reprodutibilidade do sistema de medida da câmara NE2572/232

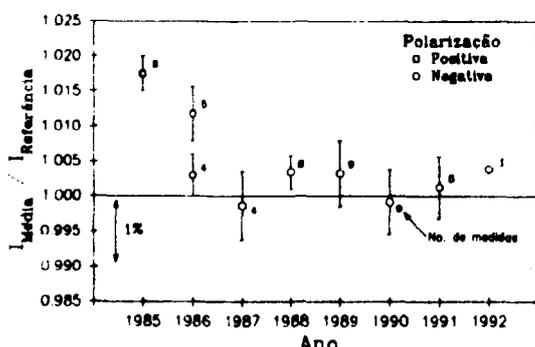


Figura 2: Reprodutibilidade do sistema de medida da câmara LS01/105

Pela figura 1 observa-se que o sistema de medida com a câmara NE2575/232 apresentou alteração de comportamento em 1988. Este desvio não foi considerado aceitável, indicando que algo ocorreu com a câmara, já que o eletrômetro foi testado e seu comportamento permaneceu estável. Este problema motivou a troca do padrão nas dosimetrias deste ano em diante.

As medidas com a câmara LS01/105 foram iniciadas em 1985 mas não se apresentavam dentro do

limite esperado, conforme mostra a figura 2. Em 1986, após um estudo de polarização da câmara, verificou-se que ela tinha melhor comportamento se polarizada com tensão negativa desde então, todos os trabalhos são realizados com esta câmara polarizada negativamente.

As medidas com a fonte de referência verificam a reprodutibilidade da resposta da câmara em uma única energia efetiva de radiação como, por exemplo, no caso de  $^{90}\text{Sr}$ , onde seu espectro  $\beta$  produz uma resposta semelhante àquela observada para raios-X de alta energia [1]. Portanto, mudanças na resposta a fótons de outras energias não são detectadas e é necessário que se realize intercomparações para assegurar a estabilidade de resposta da câmara para toda a faixa de energia para a qual foi projetada.

Os resultados da última intercomparação internacional, realizada no LNMRI para países da América Latina e promovida pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) em 1989, confirmaram os resultados de acompanhamento das câmaras, demonstrando a estabilidade da câmara LS01/105 e a necessidade de recalibração da câmara NE2575/232 [6] para feixes de  $^{60}\text{Co}$  e  $^{137}\text{Cs}$ , já que os resultados para raios-X estão dentro do limite aceitável de  $\pm 2\%$  (Figura 3).

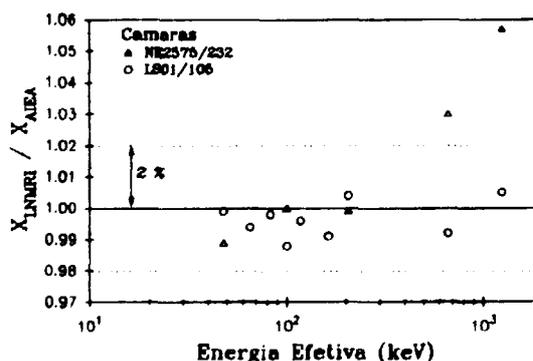


Figura 3: Desempenho dos sistemas de medida do LNMRI em relação ao sistema da AIEA

#### Sistema de irradiação

Os resultados de medidas de taxa de exposição a 1,0 metro de distância da fonte, desde a primeira dosimetria, encontram-se na tabela 2. Estes resultados foram corrigidos para as datas dos respectivos certificados e comparados com os valores da taxa de exposição neles atestados. Os desvios percentuais calculados encontram-se na mesma tabela.

Observa-se que as grandes variações da taxa de exposição ao longo dos anos correspondem às ocasiões quando o sistema de irradiação sofreu alterações, seja de acréscimo de fonte ou mudança de sala. Isto se deve ao fato das fontes serem utilizadas em condições diferentes daquelas em que haviam sido calibradas no laboratório de origem, isto é, em

Tabela 2: Comparação da taxa de exposição (mR h<sup>-1</sup>) a 1,0 m corrigida para data de calibração das fontes

| Fontes  | <sup>60</sup> Co<br>BGD2/B390 | <sup>137</sup> Cs<br>EGD1/260 | <sup>137</sup> Cs<br>BGD3/186 | <sup>137</sup> Cs<br>AG544/CBP104A | Obs.  |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------|
| Certificado:<br>Data e<br>taxa de exposição               | 23.02.73<br>103               | 23.02.73<br>193               | 23.02.73<br>997               | 15.03.90<br>23,25                  | -     |
|   | 10.06.84<br>107,2<br>4,1      | -                             | -                             | -                                  | a,f   |
|   | 16.01.86<br>115,8<br>12,4     | 17.01.86<br>210,0<br>8,8      | 17.01.86<br>1098,3<br>10,2    | -                                  | a,d,f |
|   | 10.07.86<br>116,8<br>13,4     | 11.07.86<br>211,1<br>9,4      | 11.07.86<br>1119,4<br>9,5     | -                                  | a,f   |
|   | 13.03.87<br>106,2<br>3,1      | 16.03.87<br>204,7<br>6,1      | 16.03.87<br>1092,1<br>9,5     | -                                  | b,f   |
|   | 21.07.87<br>103,7<br>3,6      | 22.07.87<br>201,2<br>4,2      | 22.07.87<br>1073,4<br>7,7     | -                                  | b,f   |
| Dosimetrias:<br>Data,<br>Taxa de exposição<br>e Desvio(%) | 22.04.88<br>104,2<br>1,2      | 11.05.88<br>194,7<br>1,9      | 12.05.88<br>1048,4<br>5,2     | -                                  | b,g   |
|   | -                             | 19.01.89<br>196,7<br>1,9      | 01.12.88<br>1039,3<br>6,2     | -                                  | b,e,g |
|   | 28.07.89<br>105,0<br>1,9      | 25.07.89<br>198,3<br>2,8      | 25.07.89<br>1065,9<br>6,9     | -                                  | b,g   |
|   | 25.01.90<br>104,5<br>1,4      | 24.01.90<br>196,0<br>1,6      | 24.01.90<br>1056,6<br>5,8     | -                                  | c,g   |
|   | 20.03.91<br>103,5<br>0,5      | 19.03.91<br>193,2<br>0,1      | 15.03.91<br>1053,2<br>5,6     | 18.03.91<br>24,25<br>4,3           | c,d,g |
|   | 22.01.92<br>104,5<br>1,4      | 17.01.92<br>195,4<br>1,2      | 17.01.92<br>1051,0<br>5,4     | 17.01.92<br>23,95<br>3,0           | c,g   |

Observações:

- Localização do irradiador:
  - a) Laboratório de Neutrons
  - b) Sala 910
  - c) Sala 906
- Mudanças no sistema:
  - d) Instalação de nova(s) fonte(s)
  - e) Troca de suporte de fonte
- Câmaras de ionização
  - f) NE 2575/232
  - g) OFS LR01/105

condições livre de espalhamento. Os desvios apresentados são todos positivos, pois refletem a contribuição da radiação espalhada nos locais de instalação do irradiador. Essa contribuição, em alguns casos, excede o valor recomendado pela norma ISO 4037 [3], 5%, para utilização da lei do inverso do quadrado da distância sem correção do espalhamento. Entretanto, este laboratório efetua esta correção através de um fator que varia linearmente com a distância [5].

As três primeiras dosimetrias foram realizadas no mesmo local de instalação do sistema, diferenciando-se apenas pelo número de fontes instaladas. Neste local o espalhamento da radiação era favorecido pela proximidade de uma plataforma de madeira localizada 1 m acima da posição de irradiação da fonte. Esta condição explica o desvio elevado das primeiras dosimetrias, que foi agravado pela instalação das duas fontes de césio, que, desta forma, influíam umas nas outras.

Com a mudança do sistema para a sala 910, e depois para a sala 906, ambas com as mesmas características, as condições de instalação foram melhoradas. Observou-se, então, uma diminuição da influência cruzada das fontes, restando somente o espalhamento provocado pela própria fonte na sala, quando exposta.

A partir da dosimetria de 1988 houve a substituição da câmara padrão de 600 cm<sup>3</sup> (NE2575/232) pela câmara padrão de 1 litro (ISO1/105), que é mais sensível, e os desvios calculados diminuíram ainda mais, como pode ser visto na tabela 3, para a sala 910.

Nas novas condições de operação do sistema de irradiação, a troca dos suportes de fontes e a instalação da última fonte de césio não provocaram alterações observáveis nas dosimetrias. As diferenças dos valores dos desvios encontrados nas últimas dosimetrias podem ser devido às flutuações

Tabela 3: Razão entre o valor médio da taxa de exposição ( $\text{mR h}^{-1}$ ) a 1,0 m, para todas as dosimetrias efetuadas nas diferentes salas, e a taxa certificada para cada fonte.

| Fontes                                      | $^{60}\text{Co}$<br>EGD2/8390 | $^{137}\text{Cs}$<br>EGD2/260 | $^{137}\text{Cs}$<br>EGD3/186 | $^{137}\text{Cs}$<br>AD344/CSP104A | Câmara<br>padrão |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Certificado:<br>Data e<br>taxa de exposição | 23.02.73<br>103               | 23.02.73<br>193               | 23.02.73<br>997               | 13.03.90<br>23,25                  |                  |
| Lab. de Neutrons                            | 1.129                         | 1.092                         | 1.112                         | -                                  | NE2573           |
| Sala 910                                    | 1.029                         | 1.052                         | 1.086                         | -                                  | NE2573           |
|   | 1.016                         | 1.022                         | 1.061                         | -                                  | LE01             |
| Sala 906                                    | 1.011                         | 1.010                         | 1.037                         | 1.037                              | LE01             |

do sistema de medida ou às pequenas variações do conjunto posicionador. Entretanto, elas são menores do que a incerteza no fator de calibração das câmaras padrão secundário ( $\pm 2,0\%$ ) e na determinação da taxa de exposição das fontes no laboratório primário ( $\pm 2,8\%$  para a fonte de cobalto e  $\pm 3,4\%$  para as fontes de céscio).

#### CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que os procedimentos adotados no controle de qualidade do sistema de calibração são eficientes e sensíveis às mudanças para melhoria das instalações.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CAMPION, P.J. e BURNS, J.E.; "Guidance on the use of a stability check source", IAEA/WHO SSDL Newsletter 11:14, 1974.
- [2] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION; "Medical Electrical Equipment Dosimeter with Ionization Chamber as used in Radiotherapy", Publicação IEC 731, 1a. edição, Genebra, 1982.
- [3] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; "X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose ratemeters and for determining their response as a function of the photon energy", Publicação ISO 4037, Genebra, 1979.

[4] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; "Dosimetry of X and gamma reference radiations for radiation protection over the energy range from 8 keV to 1.3 MeV", Proposta ISO/DIS 8963, Genebra, 1986.

[5] REICH, H.; "Photon and electron dosimetry at the Physikalisch Technische Bundesanstalt", Publicação PTB-Dos-9, Braunschweig, 1983.

[6] da SILVA, T.A., CECATTI, E.R., de FREITAS, L.C., de ARAUJO, M.M. e NETTE, H.P.; "Intercomparação de dosímetros padrão secundário da América Latina", Rev. Bras. Eng. (Caderno de Engenharia Biomédica) 7(1):236-241, 1990.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Teógenes Augusto da Silva pelas discussões ao longo dos anos e a Célio dos Santos Leal e Luzianete A.M.M. Baptista pela colaboração nas medições.

#### ENDEREÇO PARA CONTACTO

Manoel M.O. Ramos  
LNMRI - IRD  
Caixa Postal 37750  
22642-970 - Rio de Janeiro - RJ  
fone: 021.348.5151  
fax: 021.342.6035