

Calibração dos Activímetros do Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN

Sonia G. P. Cecatti^{1,2}, Marina F. Koskinas¹, Linda V. E. Caldas¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), São Paulo.

²FUNDACENTRO, Ministério do Trabalho e Emprego, São Paulo.

Resumo – Os activímetros são instrumentos utilizados nos Serviços de Medicina Nuclear para a determinação da atividade dos radiofármacos a serem administradas aos pacientes para fins de procedimentos de diagnóstico ou terapia. Neste trabalho foi realizado um estudo da reprodutibilidade de resposta de quatro medidores de atividade do Laboratório de Calibração de Instrumentos e do Laboratório de Metrologia Nuclear do IPEN, e ainda foram determinados seus fatores de correção e coeficientes de calibração. Foi estabelecido e caracterizado um sistema tandem, utilizando-se dois absorvedores de materiais com densidades diferentes, como um teste adicional em programas de controle de qualidade.

Palavras-chave: Calibradores de Dose, Activímetros, Medicina Nuclear.

Abstract – Dose calibrators are instruments used in the Nuclear Medicine facilities for the determination of the activity of the radiopharmaceutical material to be administered to the patients for diagnosis or therapy procedures. In this work the response reproducibility of four dose calibrators belonging to the Laboratories for Calibration of Instruments and for Nuclear Metrology of IPEN was studied, and their correction factors and calibration coefficients were obtained. A tandem system was established and characterized using two absorbers of materials with different densities as an additional test in quality control program.

Keywords: Dose Calibrators, Curiometers, Nuclear Medicine.

Introdução

A utilização clínica de substâncias marcadas com radioisótopos, e apresentadas na forma de fontes não seladas, tem como objetivo principal a avaliação orgânica funcional de inúmeros processos fisiológicos, *in vivo*, tanto para fins de diagnóstico como para fins terapêuticos.

Para assegurar a quantidade adequada dessas substâncias, denominadas radiofármacos, antes de serem administradas ao paciente, a atividade empregada deve ser determinada com precisão. O instrumento que permite essa determinação é o calibrador de dose, medidor de atividade ou activímetro, que fornece diretamente a leitura da atividade em múltiplos de Bq ou sub-múltiplos de Ci.^{1, 2}

Os activímetros consistem basicamente de uma câmara de ionização tipo poço, com geometria 4π (tipo reentrante), e são calibrados com fontes padrões, de atividades conhecidas e certificadas, com energias correspondentes aos nuclídeos de interesse.^{2, 3} Esses equipamentos exigem verificações permanentes do seu funcionamento para garantir medidas corretas com variações mínimas. A segurança do desempenho satisfatório de um medidor de atividade é feita por meio da realização diária de testes operacionais, dentro de um Programa de Garantia de Qualidade nos Serviços de Medicina Nuclear, para se avaliar a qualidade e a estabilidade de operação dos equipamentos.^{2, 3, 4}

Uma nova modalidade que permite uma verificação adicional dentro de um programa de controle de qualidade é o sistema tandem. Um sistema tandem é constituído de dois instrumentos com

diferentes respostas para uma determinada faixa de energia⁵. Uma curva tandem é obtida por meio da relação das curvas - resposta dos dois sistemas independentes⁵.

Este trabalho tem como objetivo verificar a possibilidade da utilização de sistemas comerciais ou do tipo *homemade* para os procedimentos de calibração rotineira de activímetros e determinar a presença de impurezas químicas, radioquímicas e de radionuclídeos nos radiofármacos utilizados em Medicina Nuclear com o estabelecimento e caracterização de um sistema tandem.

Metodologia

Quatro sistemas de medidas, sendo dois activímetros do tipo padrão secundário, um comercial e um sistema desenvolvido no IPEN foram estudados neste trabalho.

Os sistemas padrão secundário são constituídos por uma câmara de ionização tipo poço e módulo de leitura Capintec, modelo CRC-15 do National Physical Laboratory (NPL), pertencentes aos Laboratórios de Calibração de Instrumentos (LCI) e de Metrologia Nuclear (LMN) do IPEN, ambos com rastreabilidade ao laboratório padrão primário do National Physical Laboratory, Inglaterra.

O activímetro comercial, modelo 13001, pertencente ao LCI, foi desenvolvido no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro.

O sistema de medida desenvolvido no IPEN, também pertencente ao LCI, compreende uma câmara

de ionização tipo poço^[6], em aço inox, com geometria 4π , com um volume sensível de 5800 cm^3 , acoplada a um eletrômetro Keithley, modelo 610C. A tensão aplicada à câmara de ionização foi fornecida por uma fonte de tensão estabilizada, Tectrol, modelo TC300-002. O mostrador analógico do eletrômetro foi substituído por um multímetro digital, Triel, modelo MTR 4410, com a função de fornecer os valores da corrente gerada na câmara (IPEN).

Foram utilizadas fontes padrões de referência de ^{57}Co , ^{133}Ba , ^{137}Cs e ^{60}Co (Tabela 1), da Amersham, Inglaterra, com certificados de calibração rastreáveis aos padrões mantidos no padrão primário da Alemanha, Physikalisch - Technische Bundesanstalt (PTB). Essas quatro fontes padrões cobrem a faixa de energia de utilização dos activímetros.

Para o estudo da reprodutibilidade de cada um dos sistemas foram utilizadas todas as fontes padrão disponíveis, para verificar o desempenho de cada um dos sistemas. A verificação da reprodutibilidade de um medidor de atividade é realizada periodicamente, medindo-se uma fonte de meia-vida longa, mas neste trabalho foram utilizadas todas as fontes padrão

disponíveis no LCI, sendo realizadas dez séries consecutivas de medidas em cada sistema disponível.

Para a calibração dos activímetros foram realizadas medidas das atividades de cada fonte em separado, tendo sido considerada a leitura média corrigida para o decaimento radioativo, assim como o desvio de cada leitura.

Foram ainda realizadas medidas utilizando-se absorvedores cilíndricos, de latão e de PVC^[5], que foram introduzidos nas câmaras de ionização (exceto a do IEN). A introdução de um filtro, além de permitir uma verificação adicional, permite conhecer a resposta dos equipamentos mediante a introdução de modificações e estabelecer co-relações em função do material absorvedor e da energia da fonte de interesse.

Para a obtenção dos dados utilizando-se o sistema tandem, as medidas foram realizadas de maneira análoga à utilizada no estudo da reprodutibilidade, apenas com uma modificação: as fontes foram medidas diretamente nos activímetros e em seguida inseridas nos sistemas com absorvedores.

Tabela 1 – Características das fontes padrões de referência.

Fonte	Energia (keV)	Intensidade (%)	Atividade (MBq)	Data de Referência	Meia-vida ^a
^{57}Co	14,41	9,16	197	24/01/97	272,11 d
	122,06	85,6			
	136,47	10,7			
^{133}Ba	81	34,1	8,84	09/01/97	3853,6 d
	302,85	18,3			
	356,02	62			
^{137}Cs	661,66	85,2	9,06	09/01/97	11015 d
^{60}Co	1173,24	100	1,88	09/01/97	1925,12 d
	1352,5	100			

^a National Institute of Standards and Technology/EUA.

Resultados

Os resultados do teste de reprodutibilidade dos diferentes sistemas de medida são apresentados na Tabela 2, e mostram um ótimo desempenho dos equipamentos, sendo o maior desvio percentual observado, entre a atividade medida e a média das atividades, de 3% para o activímetro NPL (LCI), portanto inferior ao limite recomendado, de $\pm 5\%$.^[2,3,4]

Os fatores de correção e os coeficientes de calibração^[7] obtidos e apresentados na Tabela 3 mostram uma variação dentro do limite recomendado de 10%^[2,3] para os activímetros NPL (LCI), NPL (LMN) e IEN. O activímetro IPEN apresenta uma dependência energética muito alta que é preciso levar em conta com muito cuidado quando ele for utilizado. Para radiação com energias abaixo de 200 keV podem surgir erros

devido à grande variação na eficiência de resposta deste tipo de detector.^[8,9]

Tabela 2 – Variações percentuais máximas obtidas no teste de reprodutibilidade de resposta dos activímetros.

Fonte	NPL (LCI)	NPL (LMN)	IEN	IPEN
^{57}Co	1,33	1,43	0,74	2,03
^{133}Ba	0,64	0,97	0,21	0,21
^{137}Cs	0,44	0,31	0,11	0,21
^{60}Co	0,75	1,38	0,11	0,34

Para uma melhor visualização são apresentados nas Figuras 1 e 2 os fatores de correção em função da energia, para os activímetros NPL e IEN, respectivamente.

Tabela 3 – Fatores de correção dos activímetros NPL(LCI), NPL(LMN) e IEN. No caso do sistema IPEN, os dados são coeficientes de calibração.

Fonte	NPL (LCI)	NPL (LMN)	IEN	IPEN (EBq x A ⁻¹)
⁵⁷ Co	1,014 ± 0,013	1,007 ± 0,006	1,011 ± 0,005	0,992 ± 0
¹³³ Ba	0,983 ± 0,006	0,982 ± 0,010	0,964 ± 0,002	0,550 ± 0,068
¹³⁷ Cs	0,986 ± 0,004	0,985 ± 0,002	0,958 ± 0,001	0,424 ± 0,091
⁶⁰ Co	1,012 ± 0,005	1,002 ± 0,008	0,949 ± 0,005	0,147 ± 0,077

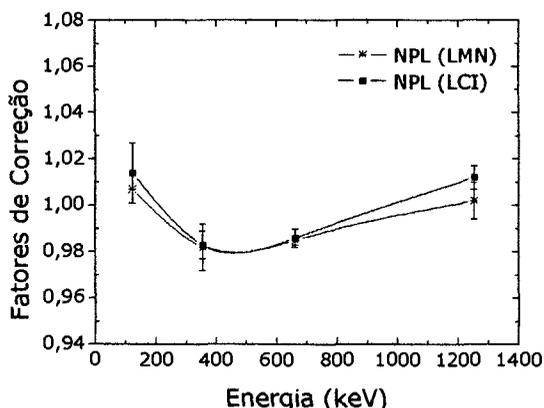


Figura 1 – Fatores de correção dos activímetros NPL (LCI) e NPL (LMN).

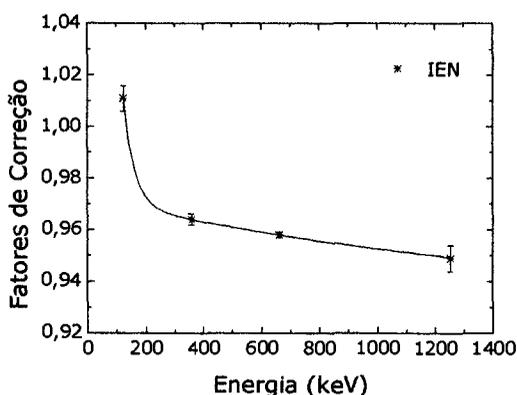


Figura 2 – Fatores de correção do activímetro IEN.

Pode-se observar que os activímetros NPL apresentam uma concordância excelente para energias superiores a 300 keV. Para a fonte de ⁵⁷Co há uma discrepância de 3%. No caso do activímetro IEN a dependência energética foi menor que 5% na faixa estudada.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os valores dos fatores de correção e os coeficientes de calibração obtidos utilizando-se o sistema tandem com os absorvedores de latão e de PVC, respectivamente. Ao se comparar os dois sistemas NPL observa-se que os fatores de correção são bastante próximos para cada fonte. Neste caso não foi possível realizar este teste com

o activímetro IEN, pois os absorvedores não cabem nesta câmara de ionização.

Tabela 4 – Fatores de correção dos activímetros NPL e coeficientes de calibração do activímetro IPEN utilizando-se o absorvedor de latão.

Fonte	NPL (LCI)	NPL (LMN)	IPEN (EBq x A ⁻¹)
⁵⁷ Co	17,69±0,45	11,07±0,37	7,273±0
¹³³ Ba	2,648±0,071	2,622±0,069	1,613±0
¹³⁷ Cs	1,572±0,005	1,579±0,004	0,844±0,007
⁶⁰ Co	1,415±0,003	1,414±0,024	0,202±0,087

Tabela 5 – Fatores de correção dos activímetros NPL e coeficientes de calibração do activímetro IPEN utilizando-se o absorvedor de PVC.

Fonte	NPL (LCI)	NPL (LMN)	IPEN (EBq x A ⁻¹)
⁵⁷ Co	1,191±0,034	1,155±0,039	1,132±0,079
¹³³ Ba	1,202±0,012	1,222±0,026	0,654±0,057
¹³⁷ Cs	1,051±0,001	1,053±0,002	0,569±0,005
⁶⁰ Co	1,065±0,000	1,065±0,016	0,155±0,078

A Figura 3 apresenta a razão entre as medidas obtidas utilizando-se os filtros de latão e PVC em função da energia das fontes utilizadas. Pode-se observar que a razão entre as medidas para cada fonte se manteve constante, para os três activímetros.

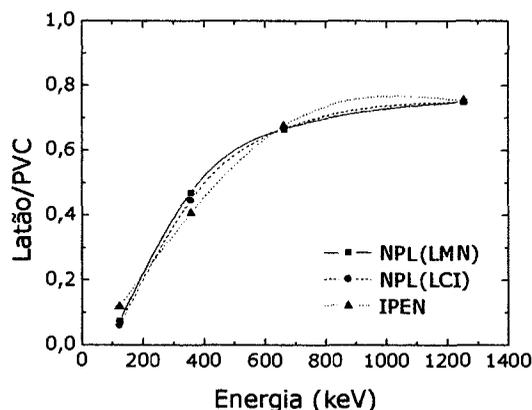


Figura 3 – Curvas tandem: razão entre as medidas utilizando os absorvedores de latão e de PVC em função da energia das fontes.

Conclusões

O desempenho dos activímetros estudados foi satisfatório e dentro dos limites recomendados por normas nacionais e internacionais.

Neste trabalho pode-se constatar que os medidores de atividade IEN e IPEN podem ser utilizados como padrões de trabalho na calibração de outros activímetros.

O sistema tandem proposto apresentou um ótimo desempenho, tendo se mostrado estável e reprodutível durante a realização das medidas. A razão entre as medidas em função da energia se manteve constante para cada fonte.

Este teste pode ser recomendado para os programas de controle de qualidade dos Serviços de Medicina Nuclear, pois poderá indicar a presença de impurezas no radiofármaco, se a razão entre as medidas for diferente da obtida no laboratório.

Agradecimentos

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

Referências

- [1] Iwahara, A. Rastreabilidade e garantia da qualidade em medições de radionuclídeos utilizados na Medicina Nuclear [tese]. Rio de Janeiro (RJ): COPPE/UFRJ; 2001.
- [2] CNEN/NN-3.05. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear; 1996.
- [3] International Atomic Energy Agency. Quality control of nuclear medicine instruments. TECDOC-602. Vienna, Austria; 1991.
- [4] Costa, A.M. Métodos de calibração e de intercomparação de calibradores de dose utilizados em Serviços de Medicina Nuclear [dissertação]. São Paulo (SP): IPEN; 1999.
- [5] Dytz, A.S.; Caldas, L.V.E. Utilização de filtros para controle de qualidade em calibradores de doses. In: V Regional Congress on Radiation Protection and Safety; 2001 Abril 29 – Maio 04; Recife/PE. Brasil.
- [6] Breda, F.J.; Perez, H.E.D.; Vieira, J.M. Projeto, construção e testes de câmara de ionização de poço para detecção de radiação beta e gama. In: 3º Congresso Geral de Energia Nuclear; 1990 Abril 22-27; Rio de Janeiro, 1990. p.75-81.
- [7] Meghziene A., Short, K.R. Calibration factor or calibration coefficient? SSDL – Newsletter 2002 January; nº 46, p.33; 2002.
- [8] National Council on Radiation Protection and Measurement. A handbook of radioactivity measurements procedures. Report NCRP No. 58, Bethesda, MD, 1985.
- [9] Woods, M.J. Design considerations for the U.K. secondary standard radionuclide calibrator – Type 271 + 671. Trans. Amer. Nucl. Soc., v. 53, p. 17, 1986.

Contato

Sonia G. P. Cecatti
DFi/CHT – FUNDACENTRO
Rua Capote Valente, 710
05549-002 São Paulo/SP
tel. (11) 3066.6210
e-mail: scecatti@fundacentro.gov.br

Linda V. E. Caldas e Marina F. Koskinas
IPEN
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242
Cidade Universitária
05508-900 São Paulo/SP
tel. (11) 3816.9118
e-mail: lcaldas@net.ipen.br
e-mail: koskinas@net.ipen.br