CALIBRAÇÃO DE DOSÍMETROS CLÍNICOS POR COMPONENTES *

Maria da Penha P. Albuquerque, Linda V. Ehlin Caldas e Marcos Xavier

RESUMO

Constituídos por câmaras de ionização (dos tipos dedal e superficial) conectadas aos respectivos eletrômetros, os dosímetros clínicos são normalmente calibrados em relação a um sistema padrão secundário, com radiação gama de ^{60}Co. Neste trabalho, foi empregada a técnica da calibração por componentes para atender aos usuários que possuem diversas câmaras de ionização e apenas um eletrômetro, possibilitando aos mesmos encaminhar somente uma das peças para recalibração. Foram utilizados dois sistemas diferentes; o primeiro consistiu no uso de uma capacitor padrão de 1000 pF e o outro no uso de uma fonte de corrente contínua de referência, constituída de uma câmara de ionização e uma fonte de ^{90}Sr. Os resultados obtidos apresentaram entre si uma diferença menor que 0,4%. Em relação ao método da calibração total, a diferença encontrada foi menor que 0,7%, para diversos dosímetros testados.

CALIBRATION TECHNIQUE OF CLINICAL DOSEMETERS BY COMPONENTS

ABSTRACT

Constituted by ionization chambers (timble and superficial types) connected to special electrometers, the clinical dosemeters are normally calibrated in ^{60}Co radiation fields as whole systems in relation to a secondary standard. In order to allow the users to send only one of the pieces for recalibration, a very useful procedure for those who own several ionization chambers and only one electrometer, a technique of calibration by components was developed in the present work. A standard capacitor of 1000 pF and a special standard current source, consisting of an ionization chamber and a ^{90}Sr source, were used. The obtained results showed a difference lower than 0,4% between them. In relation to the total calibration method, the calibration presented differences lower than 0,7% for several clinical dosemeters tested.

INTRODUÇÃO

Desde 1980 o Laboratório de Calibração de São Paulo participa com seus dosímetros padrões secundários de intercomparações nacionais organiza-

(*) Trabalho parcialmente apresentado na 40ª Reunião Anual da SBPC, 1988.

(*) Trabalho parcialmente subvencionado pela Agência Internacional de Energia Atômica, Contrato 4163RO/RB.

das pelo Laboratório de Dosimetria Padrão Secundário (SSDL) do Brasil, do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro. E, a partir de 1982, os serviços de Radioterapia localizados no Estado de São Paulo e no sul do país passaram a enviar os seus dosímetros clínicos para calibração com radiação gama do ^{60}Co neste laboratório.

O principal serviço do Laboratório de São Paulo é a calibração de monitores portáteis com radiação gama do ^{60}Co e ^{137}Cs. Na Figura 1 pode ser visto o aumento do número de instrumentos calibrados nos últimos anos. Todos os tipos de instrumentos portáteis estão incluídos (câmaras de ionização seladas e não seladas e detectores Geiger-Müller).

De acordo com as Normas de Calibração[2], todos os serviços de Radioterapia devem encaminhar, anualmente, seus dosímetros clínicos para recalibração. Muitos destes usuários possuem mais que uma câmara de ionização (em geral duas ou três câmaras do tipo dedal e uma do tipo superficial), mas somente um eletrômetro. Portanto, se uma destas câmaras necessitar de uma recalibração extra (por exemplo, se a parede de grafite for trocada), o eletrômetro deve acompanhar a câmara e o usuário não poderá utilizar nenhuma de suas outras câmaras durante o período de calibração. Neste caso, seria útil se houvesse a possibilidade de ser encaminhada apenas a câmara para calibração. Portanto, torna-se necessário e importante o desenvolvimento de um método de calibração por componentes.

Silva[5] comparou os fatores de calibração total e os fatores de calibração por componentes de dosímetros padrões secundários usados no SSDL do Rio de Janeiro, empregando um sistema de fontes de correntes, constituído por uma câmara de ionização e sua respectiva fonte de controle, concluindo que o procedimento utilizado para a determinação dos fatores de calibração por componentes é equivalente ao procedimento utilizado para a determinação de fatores de calibração total e que pode ser usado como um bom controle de qualidade nos serviços de calibração.

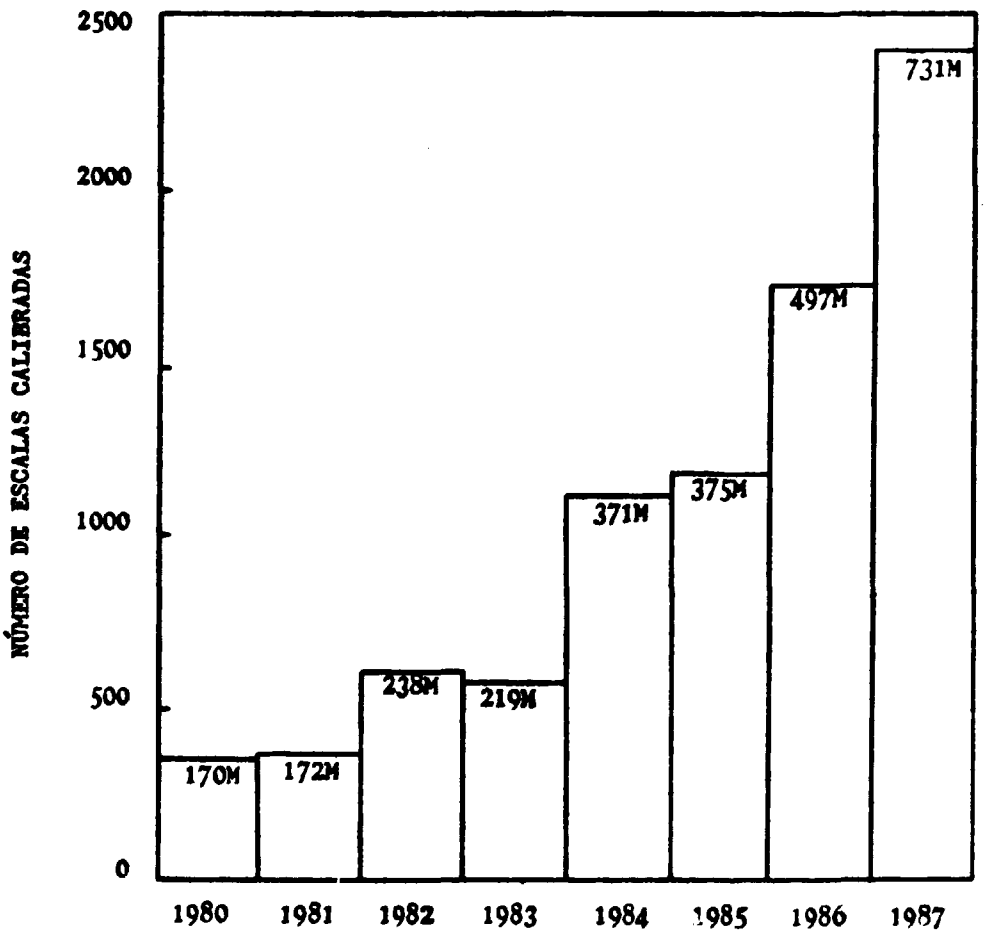

FIG. 1 : Calibrações de monitores portáteis realizados pelo Laboratório de São Paulo.

M : Número de instrumentos calibrados

O objetivo deste trabalho é desenvolver e implantar uma técnica de calibração de dosímetros clínicos por componentes para a radiação gama do ^{60}Co, usando dois sistemas diferentes: uma fonte padrão de corrente contínua de referência e um capacitor padrão de referência.

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O sistema padrão secundário para a radiação gama do Laboratório de Calibração de São Paulo é constituído por:

1 - Eletrômetro: Nuclear Enterprises Ltd., Inglaterra, modelo 2560, série 139;

2 - Câmara de Ionização: Nuclear Enterprises Ltd., Inglaterra, modelo 2561, série 158;

3 - Fonte de Referência: Nuclear Enterprises Ltd., Inglaterra, modelo 2562, série 111;

4 - Certificado de Calibração: National Physical Laboratory, D833 16/01/80.

Para os testes foram usados quatro dosímetros clínicos, sendo dois pertencentes a hospitais e dois pertencentes ao Laboratório de Calibração, como mostra a Tabela I. A técnica utilizada foi a da calibração por substituição[2]. Todas as irradiações foram efetuadas utilizando-se uma fonte de ^{60}Co com atividade de 15 TBq.

Para a determinação dos fatores de calibração por componentes foram utilizados os seguintes equipamentos:

1 - Eletrômetro: Keithley Instruments, EUA, modelo 617, série 360959, doado pela IAEA, acoplado a uma interface para câmaras de ionização, produzida pelo IPEN, cujo esquema (Figura 2) foi baseado no da interface do eletrômetro Keithley, modelo 6169, que não é mais comercializado. Para o projeto desta interface as referências 1,3,4,6 e 7 foram muito úteis.

TABELA I

Dosímetros clínicos utilizados para os testes, tipo Baldwin Farmer da Nuclear Enterprises Ltd.

Dosímetro	Eletrômetro		Câmara dedal		Procedência
	modelo	nº série	modelo	nº série	
A	2502/3	360	2505/3	2214	Hospital
B	2502/3	340	2505/3	2278	Hospital
C	2502	10241	2505/3	312	IPEN
D	2502/3	330	2505/3	2080	IPEN

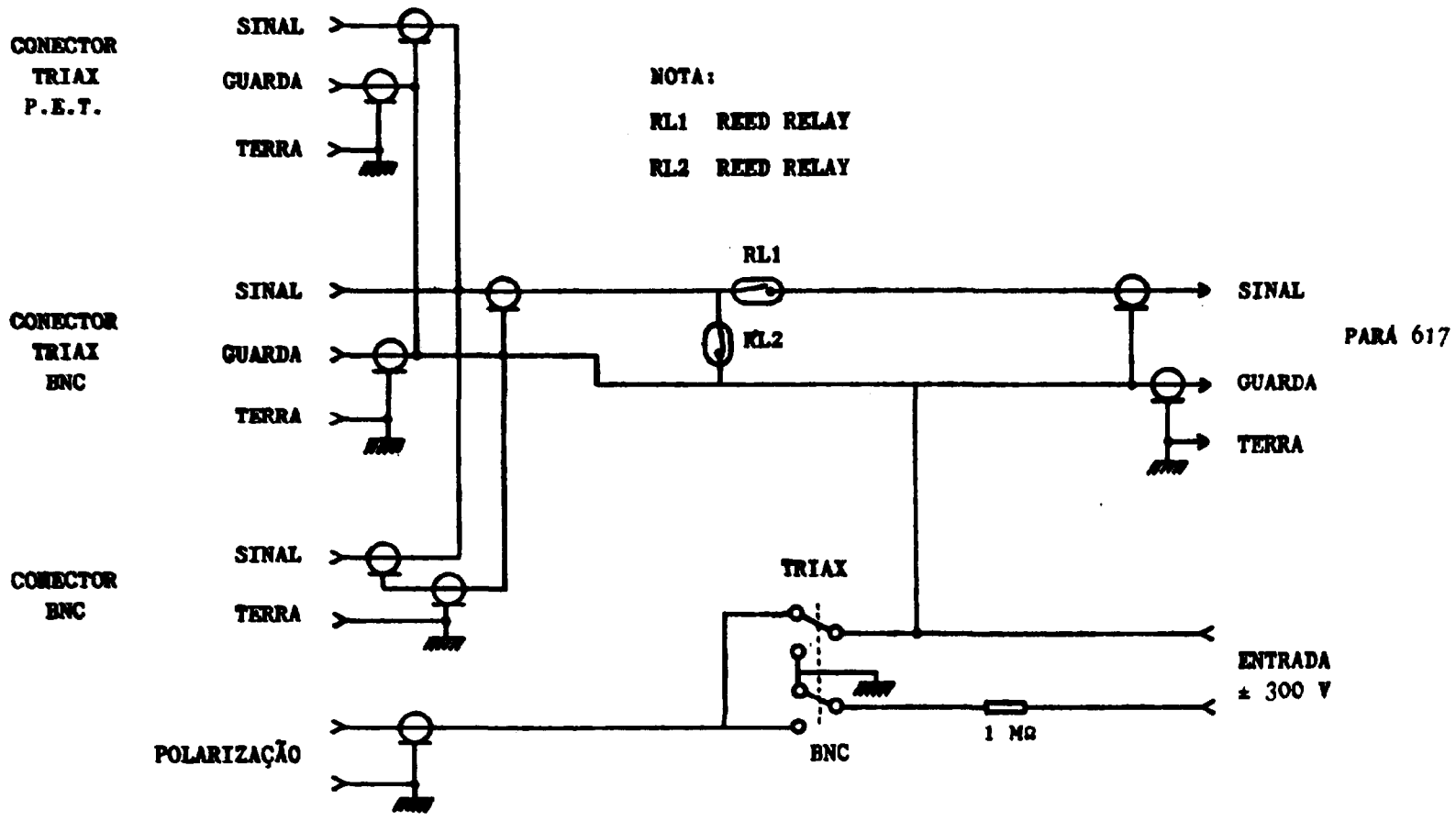

FIG. 2 : Esquema elétrico da interface para acoplamento de câmaras de ionização ao eletrômetro Keithley 617.

2 - Capacitor Padrão de Referência: General Radio Company, EUA, tipo 1404-A, série 1715, com uma capacitância nominal de 1000 pF e capacitância real de 1000,005pF.

3 - Fonte de Tensão Estabilizada: Tectrol, Brasil, modelo TCH 3000, acoplada a um multímetro Keithley Instruments, EUA, modelo 177, para aplicação e medida da tensão necessária para cada câmara.

4 - Fonte de Corrente Contínua de Referência: Physikalisch-Technische Werkstätten, Alemanha, tipo 2327, série 023. Esta fonte de corrente é constituída por uma fonte radioativa de $^{90}Sr + ^{90}Y$ (0,37 GBq) incorporada a uma câmara de ionização PTW-SQK e uma unidade de controle PTW-SQN. As correntes produzidas são de 10^{-8}, 10^{-11}, 10^{-12}, 10^{-13} e 10^{-14} A.
A radiação beta emitida pela fonte radioativa é totalmente absorvida dentro da câmara de ionização. Este sistema foi calibrado no Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Alemanha, PTB 2.12-8866/87-36.

PROCEDIMENTOS E RESULTADOS

A parte inicial do trabalho consistiu na calibração dos eletrômetros. Duas técnicas foram utilizadas. Inicialmente utilizou-se o capacitor padrão ligado ao eletrômetro. Uma tensão foi aplicada produzindo uma carga no capacitor equivalente a um número de dígitos do eletrômetro. Desta forma, foram obtidos os fatores de calibração designados por f^e (cap.), dados em nC/dígitos. Para comprovar a confiabilidade no uso do capacitor, utilizou-se o mesmo procedimento no eletrômetro pertencente ao dosímetro padrão secundário. Comparando-se os resultados obtidos com os valores fornecidos pelo Certificado de Calibração do mesmo, o

desvio percentual encontrado variou entre 0,10 e 0,14%. Para a segunda técnica, foi utilizada a fonte de corrente contínua de referência PTW, ligando-se o eletrômetro à mesma e integrando-se a corrente produzida num certo intervalo de tempo, obtendo-se, assim, a carga proporcional. Os fatores de calibração, f^{e} (cor), assim determinados, apresentaram valores muito próximos daqueles obtidos com o uso do capacitor. As diferenças variaram entre 0,14 e 0,36%.

No caso do eletrômetro Farmer Secondary Standard (BF), tipo 2502, série 10241, não foi possível determinar o fator de calibração através do método do capacitor, porque este eletrômetro possui uma limitação no seu circuito. Sendo assim, adotou-se como procedimento alternativo a medida da carga elétrica durante um período fixo de tempo, usando o eletrômetro Keithley 617, conectado a uma câmara dedal tipo 2505/3, introduzida numa fonte de referência Nuclear Enterprises Ltd., tipo 2503/3. Desta maneira, pode-se determinar uma corrente de ionização. Então, a mesma câmara de ionização (na fonte de referência) foi conectada ao eletrômetro Farmer Secondary Standard 2502, e obteve-se um certo número de dígitos (meio da escala) durante um intervalo de tempo. Como a carga é dada pelo produto da corrente pelo tempo, foi possível encontra-se o fator de calibração do eletrômetro em nC/dígitos.

A segunda parte do trabalho consistiu na determinação dos fatores de calibração das câmaras de ionização (f_c), acoplando-se as mesmas ao eletrômetro Keithley 617, através de uma interface, e pela técnica da substituição, ou seja, irradiando-se na mesma posição, o dosímetro padrão secundário antes e após a irradiação da câmara a ser calibrada. Através de uma comparação dos valores obtidos com o dosímetro padrão secundário e aqueles obtidos com a câmara a ser calibrada, obteve-se os fatores de calibração f_c em R/nC. O eletrômetro Keithley 617 foi utilizado com a interface, expondo-se as câmaras à radiação gama de ^{60}Co e usando como referência o padrão secundário descrito anteriormente. O fator obtido para a câmara dedal modelo 2505/3, número de série 2080, não foi

TABELA II

Fatores de calibração obtidos pelos métodos de calibração por componentes e total

f^e (cap): Fator de calibração do eletrômetro, usando o capacitor

f^e (cor): Fator de calibração do eletrômetro, usando a fonte de corrente

f_c : Fator de calibração da câmara de ionização

f_c^e : Fator de calibração total

u.e. : Unidade de escala

Dosímetro		f^e(cap)	f^e(cor)	f_c	$f_c \times f^e$(cap)	$f_c \times f^e$(cor)	f_c^e
eletrômetro	câmara	(nC/u.e.)	(nC/u.e.)	(R/nC)	(R/u.e.)	(R/u.e.)	(R/u.e.)
306	2214	0,2195	0,2204	4,64	1,019	1,023	1,016
340	2278	0,2216	0,2220	4,56	1,010	1,012	1,016
10241	312	0,1862	0,1902	5,82	1,084	1,108	1,087
330	2080	0,2177	0,2180	4,65	1,013	1,015	1,016

diferente dos determinados pelo Laboratório de Dosimetria Padrão Secundário do Rio de Janeiro, 4,65 R/nC.

A determinação dos fatores de calibração total (f_c^e), utilizando-se a radiação gama de ^{60}Co e o dosímetro padrão secundário, através da técnica da substituição já descrita anteriormente, compôs a etapa final do trabalho. Os resultados foram comparados aos encontrados pela multiplicação dos fatores de calibração parciais, f_c x f^e (cap) e f_c x f^e (cor), e apresentaram diferenças entre 0,29 e 0,59%, no caso do uso do capacitor, e entre 0,10 e 0,69%, no caso da fonte de corrente. Para o eletrômetro número de série 10241, cujo fator de calibração foi determinado utilizando-se o eletrômetro Keithley, como explicado anteriormente, a diferença foi de 1,9%. Os fatores de calibração obtidos encontram-se na Tabela II.

CONCLUSÕES

A técnica de calibração por componentes pode ser aplicada usando tanto o método do capacitor padrão ou da fonte de corrente contínua de referência. As diferenças obtidas são menores que as incertezas (em geral cerca de 2,5%) determinadas nas calibrações de rotina de dosímetros clínicos com radiação gama do ^{60}Co no laboratório de São Paulo. Este método fará parte dos testes preliminares quando o sistema (dosímetro clínico completo) for recebido para recalibração, melhorando o programa de controle de qualidade dos procedimentos utilizados pelo Laboratório de Calibração do IPEN.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem aos colegas Letícia L. Campos e Luiz Antonio R. da Rosa pela leitura do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KEMP, L.A.W. & WOODALL, J.E. Evaluation of a high-insulation dry-reed switch for electrometer applications. *Electron. Eng.*,

40:236-9, May 1968.

2. MANUAL de procedimentos para calibração de dosímetros clínicos. Rio de Janeiro, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CNEN, 1987.

3. SANTRY, D.C.; BOWES, G.C. ; MUNZENMAYER, K. Precision electronics for ionization chamber measurements. *Appl. Radiat. Isot.*, 38(10): 879-83, 1987.

4. SCHREINER, R.S. Current integrating or charge measuring considerations. *Electron. Ind.*, 25(5):75-8.

5. SILVA, T.A. da *Comparação experimental entre fatores de calibração totais e fatores de calibração de componentes de dosímetros de referência usados nos Laboratórios de Dosimetria de Padronização Secundária.* Rio de Janeiro, 1981 (Dissertação de Mestrado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro).

6. WEISS, H.M. $4\pi\gamma$ - Ionization chamber measurements. *Nucl. Instr. Meth.*, 112:291-97, 1973.

7. ZSDÁNSZKY, K. Precise measurement of small currents. *Nucl. Instr. Meth.*, 112:299-303, 1973.