

BR9022543

ISSN 0101-3084



CNEN/SP

ipen Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares

**EQUILÍBRIO ELETRÔNICO PARA CÂMARAS DE IONIZAÇÃO
DE PLACAS PARALELAS EM CAMPOS DE RADIAÇÃO GAMA**

Linda CALDAS e Maria da Penha P. ALBUQUERQUE

IPEN - PUB -- 267.

PUBLICAÇÃO IPEN 267

AGOSTO/1989

SÃO PAULO

**EQUILÍBRIO ELETRÔNICO PARA CÂMARAS DE IONIZAÇÃO
DE PLACAS PARALELAS EM CAMPOS DE RADIAÇÃO GAMA**

Linda CALDAS e Maria da Penha P. ALBUQUERQUE

DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

**CNEN/SP
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
SÃO PAULO - BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

E41.10

**BUILDUP
GAMMA RADIATION
IONIZATION CHAMBERS**

IPEN - Doc - 3391

Aprovado para publicação em 17/07/89.

Nota: A redação, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade do(s) autor(es).

**ELECTRON EQUILIBRIUM FOR PARALLEL PLATE IONIZATION
CHAMBERS IN GAMMA RADIATION FIELDS***

Linda CALDAS and Maria da Penha P. ALBUQUERQUE

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Caixa Postal 11049 - Pinheiros
05499 - São Paulo - BRASIL

ABSTRACT

Parallel plate ionization chambers, designed and constructed for use in low energy X-radiation fields, were tested in gamma radiation beams (^{60}Co and ^{137}Cs) of two different Calibration Laboratories, in order to study the electron equilibrium occurrence and to verify the possibility of their use for the detection of this kind of radiation too.

(*) Paper presented at the 41st Annual Meeting of SBPC, held in Fortaleza, Ceará, Brazil, 9-15 July 1989.

EQUILÍBRIO ELETRÔNICO PARA CÂMARAS DE IONIZAÇÃO DE PLACAS PARALELAS EM CAMPOS DE RADIAÇÃO GAMA*

Linda CALDAS e Maria da Penha P. ALBUQUERQUE

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Caixa Postal 11049 - Pinheiros
05499 - São Paulo - BRASIL

RESUMO

Câmaras de ionização de placas paralelas, projetadas e construídas para utilização em dosimetria de feixes de radiação-X de baixas energias, foram testadas em campos de radiação gama (^{60}Co e ^{137}Cs) de dois Laboratórios de Calibração diferentes, com o objetivo de estudar a ocorrência de equilíbrio eletrônico e verificar a possibilidade de sua utilização para a detecção também deste tipo de radiação.

(*) Trabalho apresentado na 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada em Fortaleza, Ceará, 9-15 Jul. 1989.

INTRODUÇÃO

Quando uma câmara de ionização é exposta a um feixe de fótons de alta energia, sua resposta será proporcional à dose se a espessura da parede for aproximadamente igual ao alcance máximo dos elétrons secundários (equilíbrio eletrônico). Se a câmara possuir uma parede fina, isto é, com espessura menor que o valor necessário para ocorrer o equilíbrio eletrônico, torna-se necessária a utilização de uma capa que propicie este efeito.

O conhecimento da espessura de material necessário para o equilíbrio eletrônico e dos fatores de correção devidos à contribuição das paredes⁽⁹⁻¹³⁾, quando as câmaras de ionização são expostas à radiação de alta energia, é uma exigência de alguns protocolos de dosimetria, como o da IAEA⁽³⁾.

As câmaras de ionização de placas paralelas (do tipo superficial) são normalmente utilizadas na dosimetria de feixes de radiação- λ de baixas energias, mas já se tem notado um certo interesse em se estudar diferentes efeitos, medindo-se a resposta de tais câmaras em campos de radiação gama^(4,5,7,8).

O objetivo deste trabalho é estudar a ocorrência de equilíbrio eletrônico em feixes de radiação gama, utilizando-se dois pares de câmaras de ionização de placas paralelas, para verificar a possibilidade de sua utilização em dosimetria, evitando-se a aquisição de câmaras de ionização diferentes para diversas faixas de energia.

PARTE EXPERIMENTAL

Foram utilizadas quatro câmaras de ionização com placas paralelas, de Lucite, com volume sensível de $0,6 \text{ cm}^3$, de forma circular, projetadas e construídas no IPEN^(1,2), sendo duas com eletrodos coletores e anéis de guarda de alumínio (designadas por A1 e A3) e duas com ele-

trodos coletores e anéis de guarda de grafite (designadas por C2 e C4). As câmaras (A1, C2) e (A3, C4) constituem dois conjuntos, sendo que o primeiro foi estudado quanto ao equilíbrio eletrônico, no Laboratório de Calibração do IPEN e o outro, no Laboratório de Dosimetria Padrão Secundário do Institut für Strahlenschutz, GSF, Munique, Alemanha. Neste laboratório uma câmara cilíndrica, do tipo dedal, padrão terciário, Nuclear Enterprises Ltd (NE), Inglaterra, modelo 2505/3 foi também submetida à radiação de ^{137}Cs e ^{60}Co , para comparação de comportamentos.

No laboratório alemão, as câmaras foram acopladas ao eletrômetro PTW (Physikalisch-Technische Werkstätten), Alemanha, modelo 104. No caso de ^{60}Co , um sistema Gammatron foi utilizado, e as câmaras foram posicionadas à distância de 100 cm, num campo de radiação de $12 \times 12 \text{ cm}^2$, com taxa de exposição de $1,31 \text{ mC.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. A radiação gama de ^{137}Cs foi proveniente de um sistema Theratron. Neste caso as câmaras foram posicionadas a 50 cm da fonte num campo de radiação de $10 \times 10 \text{ cm}^2$, com taxa de exposição de $0,88 \text{ mC.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

Para a etapa realizada no IPEN, as câmaras foram acopladas a um eletrômetro PTW, Alemanha, modelo SN4. Para ^{60}Co foi utilizada uma unidade de teleterapia Keleket Barnes Flexaray e as câmaras foram posicionadas a 80 cm da fonte, num campo de radiação de $10 \times 10 \text{ cm}^2$, com taxa de exposição de $2,58 \text{ mC.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Para o caso de ^{137}Cs , utilizou-se uma unidade de teleterapia Cesapan-M, com as câmaras a 85 cm da fonte num campo de radiação de $20 \times 20 \text{ cm}^2$, com taxa de exposição de $2,27 \text{ mC.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

Em todos os casos as câmaras foram testadas recobrando-as sucessivamente com camadas de material absorvedor, consistindo de folhas finas de Hostaphan, com espessura variando entre 0,025 e 3,0 mm, e placas de Lucite, com espessura entre 1,0 e 4,5 mm, com possibilidade de combinações.

As câmaras foram irradiadas no ar, tomando-se como ponto de referên

cia a superfície das janelas de entrada. Todas as medidas, normalizadas para as condições normais de temperatura e pressão, representam o valor médio de cinco leituras. As incertezas associadas às medidas não ultrapassaram 0,3%.

RESULTADOS

Para a dosimetria de feixes de radiação gama é recomendada a utilização de câmaras de ionização cilíndricas, de grafite, do tipo dedal, com eletrodo coletor central. Mas em princípio também as câmaras de placas paralelas devem detectar radiação gama.

Variando-se a espessura de material absorvedor, posicionado à frente das câmaras, foi possível a determinação do valor da espessura para a qual ocorre o equilíbrio eletrônico, tanto no caso de radiação gama do ^{137}Cs como do ^{60}Co . Os resultados para estes valores de outros autores não podem ser diretamente utilizados, pois dependem também do detector de radiação, ou seja, das características das câmaras.

As Fig. 1 e 2 apresentam os dados relativos aos conjuntos de câmaras (Al 1, C2) e (Al 3, C4) para a radiação de ^{60}Co , tendo as medidas sido realizadas respectivamente em São Paulo e Munique. Pode-se observar que o equilíbrio eletrônico é atingido para 3,3 mm de Lucite nos dois casos.

Nas Fig. 3 e 4 tem-se o comportamento da resposta das câmaras dos conjuntos (Al 1, C2) e (Al 3, C4) para a radiação de ^{137}Cs , cujas medidas foram efetuadas respectivamente em São Paulo e Munique. O equilíbrio eletrônico ocorre para a espessura de 1,2 mm de Lucite. Neste caso pode-se ainda notar a presença de um efeito interessante e que se repete para todas as câmaras entre 0,5 e 5 mm de Lucite: uma ondulação. Atribuiu-se este efeito à provável presença de cargas estáticas dentro do material. Não foi possível notá-lo no caso da radiação de ^{60}Co .

Sob condições de equilíbrio eletrônico, as quatro câmaras de placas paralelas e a do tipo dedal NE 2505/3 foram calibradas, em relação à

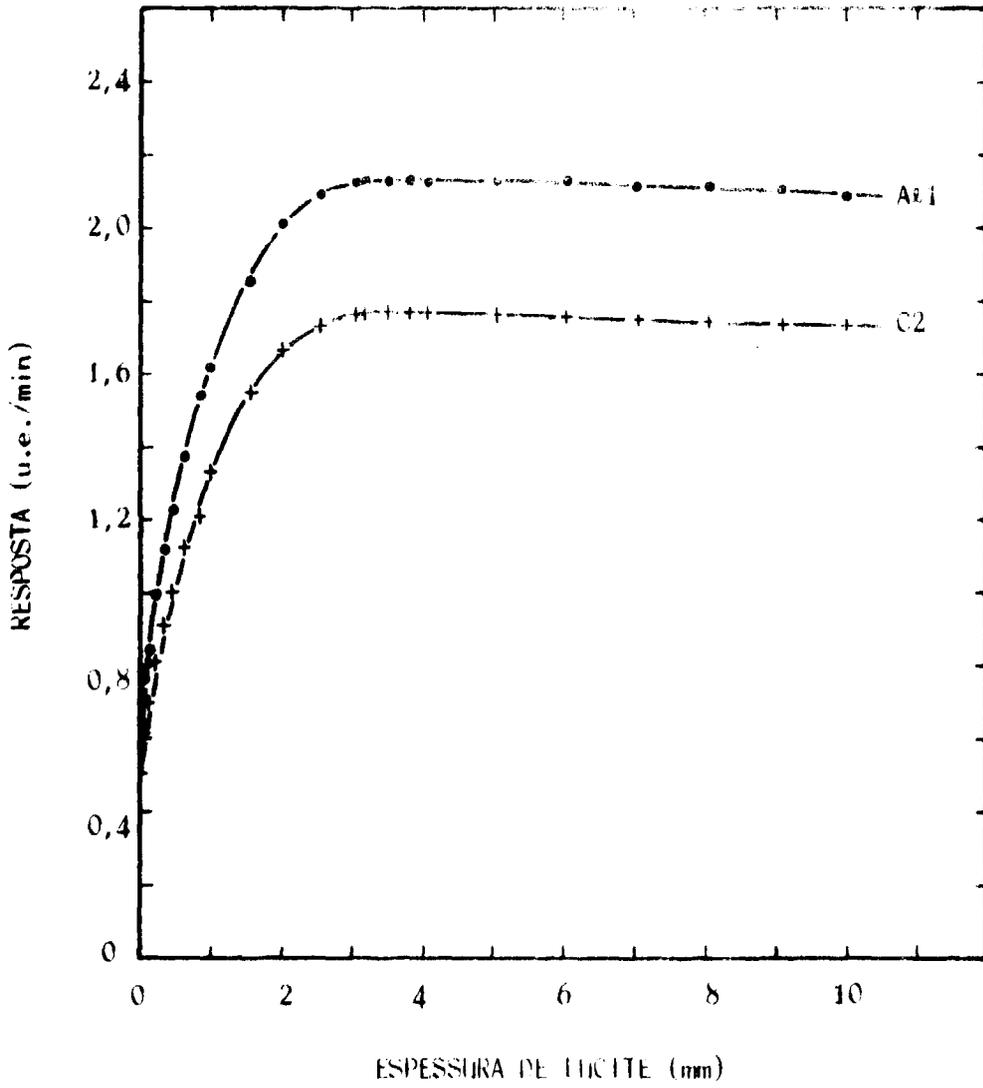


Fig. 1 : Comportamento da resposta das câmaras de ionização IPEN A21 e C2 em campos de radiação de ^{60}Co , em função da espessura de material absorvedor. Medidas feitas no IPEN.

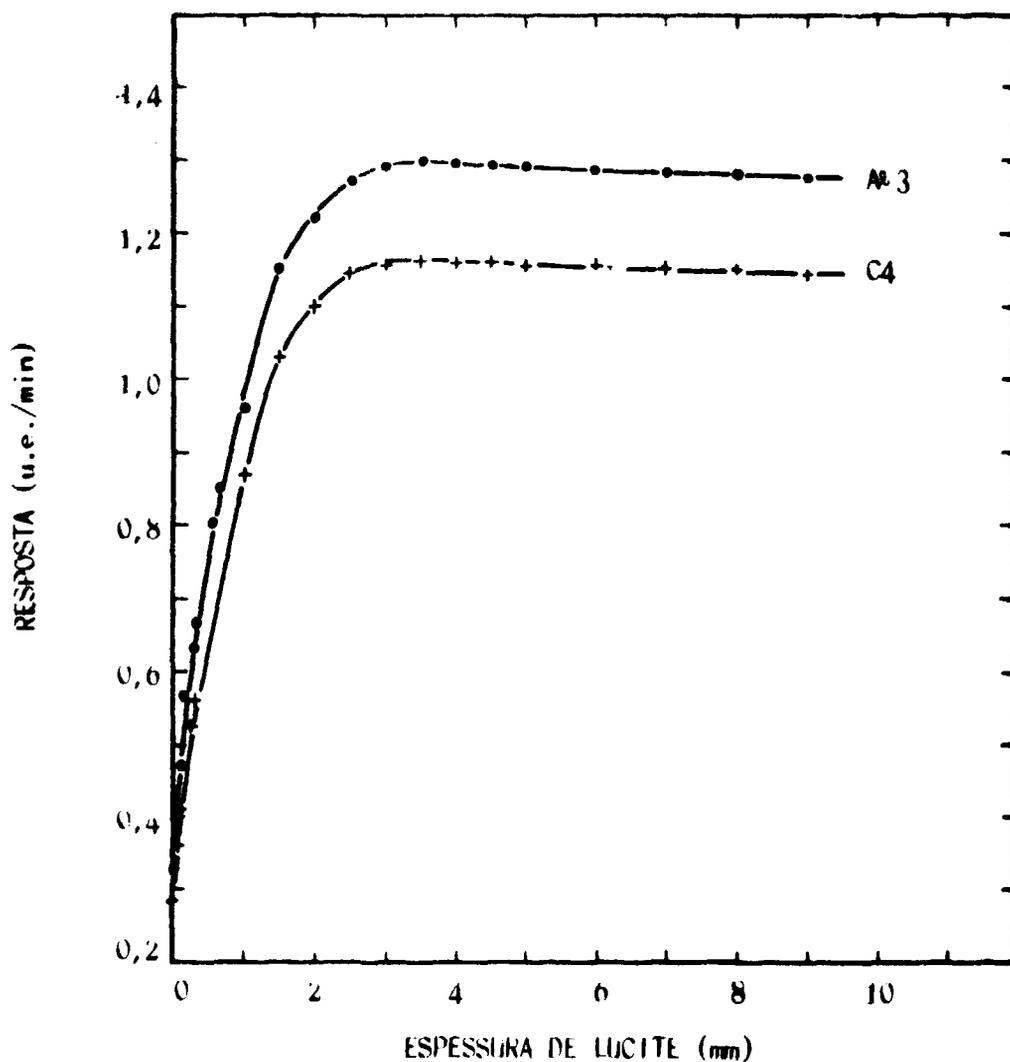


Fig. 2 : Comportamento da resposta das câmaras de ionização IPEN A23 e C4, em campos de radiação de ^{60}Co , em função da espessura de material absorvedor. Medidas feitas no Institut für Strahlenschutz, Alemanha.

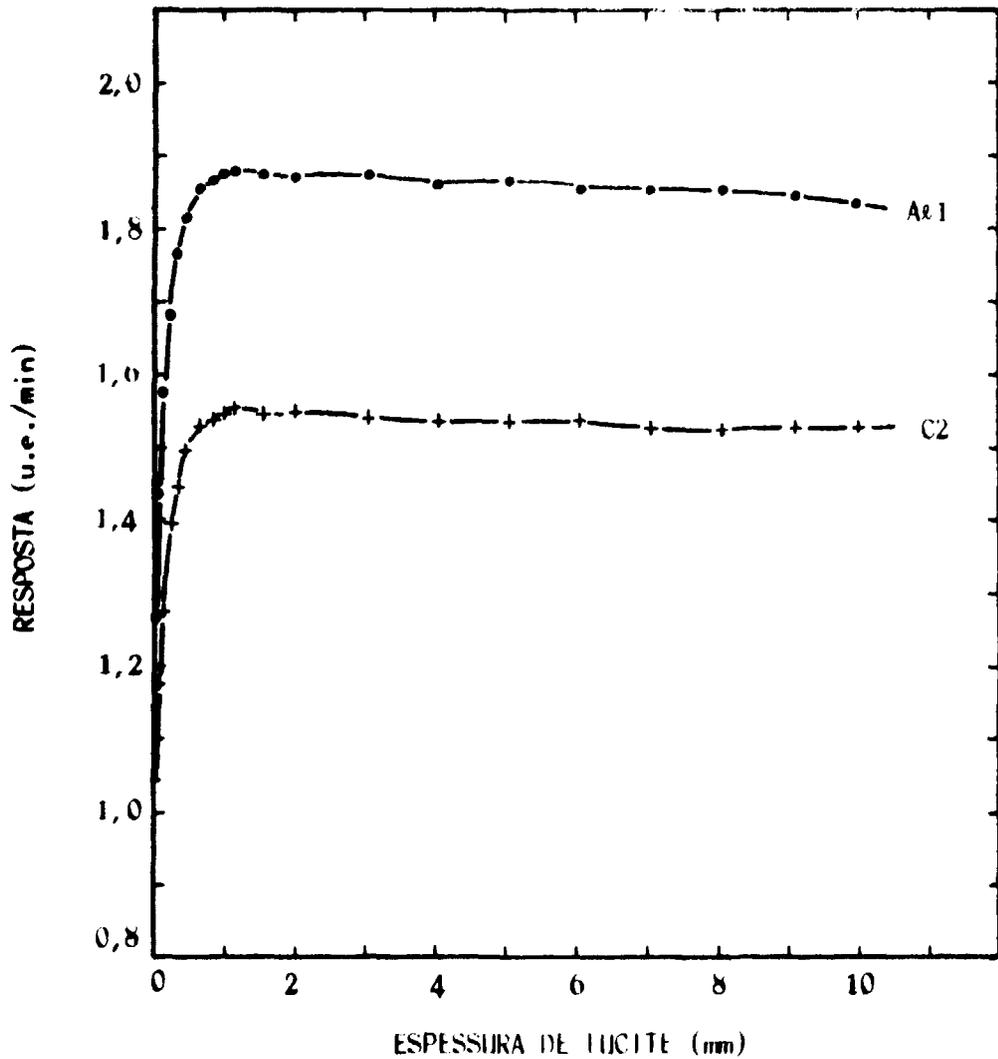


Fig. 3 : Comportamento da resposta das câmaras de ionização IPEN A1 e C2, em campos de radiação de ^{137}Cs , em função da espessura de material absorvedor. Medidas feitas no IPEN.

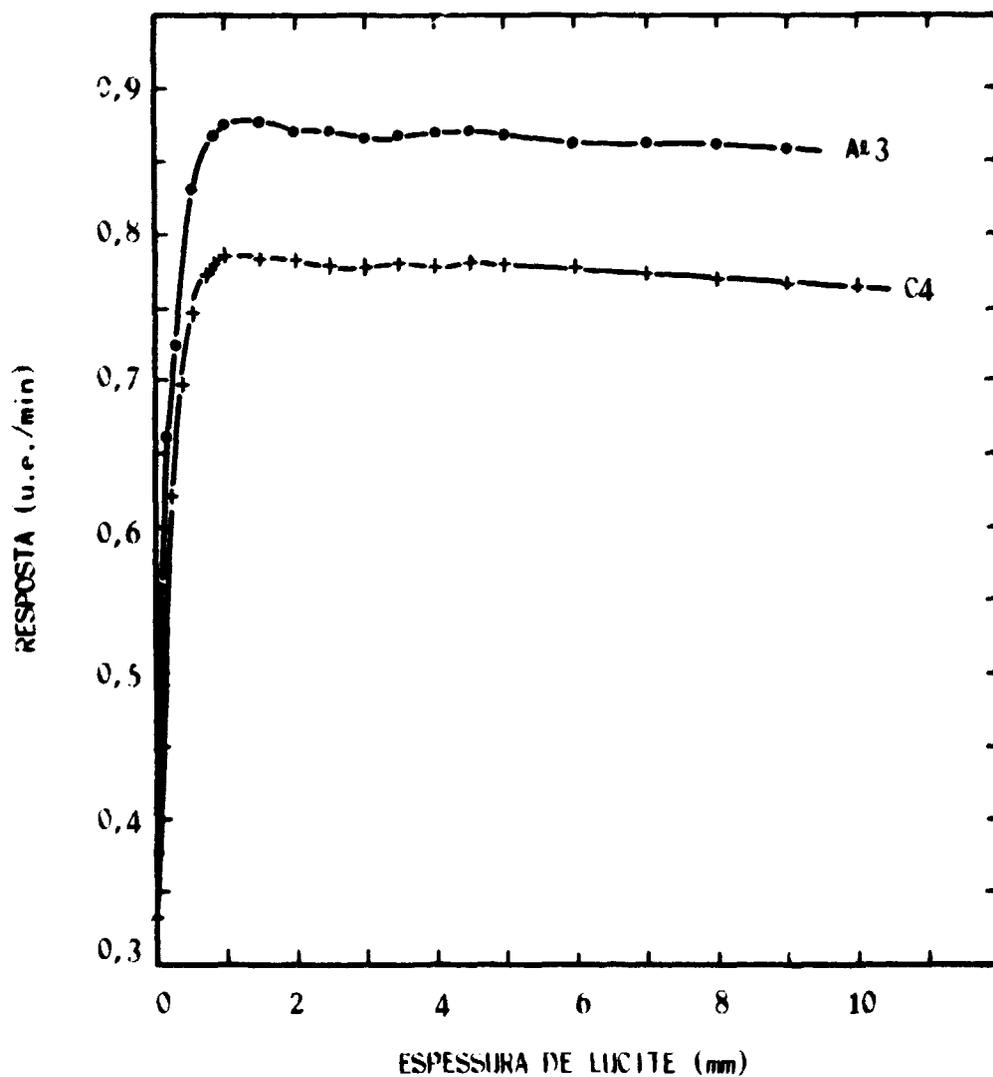


Fig. 4 : Comportamento da resposta das câmaras de ionização IPEN Al3 e C4, em campos de radiação de ^{137}Cs , em função da espessura de material absorvedor. Medidas feitas no Institut für Strahlenschutz, Alemanha.

câmara padrão secundário (tipo dedal), para radiação de ^{60}Co e ^{137}Cs , utilizando-se a técnica da substituição. Na Tabela I têm-se os valores dos fatores de calibração determinados, normalizados para ^{60}Co , para facilitar a comparação. Na mesma tabela encontram-se os valores obtidos por Batistella e Caldas⁽⁴⁾, sob as mesmas condições de calibração, de uma câmara de ionização de placas paralelas (tipo superficial), NE, modelo 2532/3, com volume sensível de $0,03\text{ cm}^3$.

Pode-se notar que a dependência energética nesta faixa de energia é muito baixa; entre as câmaras de placas paralelas, ela não ultrapassou 0,7% (câmara A13). Enquanto a câmara superficial NE 2532/3 apresentou uma dependência energética de 1,2% (a maior de todas as câmaras em questão), no caso da câmara dedal NE 2505/3, esta dependência foi de 0,5%. O conjunto (A11, C2) revelou-se como o menos dependente com a energia da radiação gama.

CONCLUSÕES

As experiências realizadas mostraram a utilidade das câmaras de ionização de placas paralelas, com eletrodos coletores tanto de alumínio como de grafite, para dosimetria em campos de radiação gama de ^{137}Cs e ^{60}Co , sob condições de equilíbrio eletrônico. A dependência energética delas mostrou-se menor que a de uma câmara comercial do mesmo tipo, e equivalente à de uma câmara comercial do tipo dedal, que é a recomendada para esta faixa de energia.

AGRADECIMENTOS

Uma das autoras (L.C.) agradece ao Bch. H. Eckerl e ao Eng. U. Nahrstedt, pela assistência técnica, e ao Bch. W. Panzer, pelas discussões, do Institut für Strahlenschutz, GSF, Alemanha, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, assim como ao Deutsche Akademische Austauschdienst, pelo apoio financeiro durante o estágio na Alemanha em 1988.

TABELA I

Dependência energética para radiação gama das câmaras de ionização estudadas,
sob condições de equilíbrio eletrônico.

Os valores da câmara NE 2532/3 foram obtidos por Batistella e Caldas⁽⁴⁾.

Local	Sistema	Fonte	Fator de Calibração Normalizado para ⁶⁰ Co					
			Câmaras					
			A#1	A#3	C2	C4	Dedal NE 2505/3	Superficial NE 2532/3
Munique	Gamma-tron	⁶⁰ Co	-	1	-	1	1	-
	Theratron	¹³⁷ Cs	-	0,9926	-	0,9952	1,005	-
São Paulo	Keleket Barnes Flexaray	⁶⁰ Co	1	-	1	-	-	1
	Cesapan-M	¹³⁷ Cs	0,9983	-	1	-	-	0,9882

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE, M.P.P. & CALDAS, L.V.E. New ionization chambers for beta and X-radiation. In: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Radiation physics: 4th international symposium on... held in São Paulo, Oct. 3-7, 1988*. São Paulo, 1988. *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res.* (Aceito para publicação).
2. ALBUQUERQUE, M.P.P. & CALDAS, L.V.E. Projeto e construção de uma câmara de ionização de placas paralelas. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FÍSICOS EM MEDICINA. *Físicos em medicina: anais do II congresso brasileiro de...* São Paulo, outubro de 1987. São Paulo, 1987. p. 193-196.
3. ANDREO, P.; CUNNINGHAM, J.R.; HOHLFELD, K.; SVENSSON, H. Absorbed dose determination in photon and electron beams. An International Code of Practice IAEA. *Technical Reports Series*, 277, 1987.
4. BATISTELLA, M.A. & CALDAS, L.V.E. Dependência energética de uma câmara de ionização de placas paralelas em campos padrões de radiação-X e gama. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, set. 1988. (Publicação IPEN 207)
5. FALLONE, B.G. & PODGORSK, E.B. Saturation curves of parallel-plate ionization chambers. *Med. Phys.*, 10(2):191-196, 1983.
6. JONES, D. Comparison of the perturbation correction in a parallel plate and a cylindrical ion chamber. *Med. Phys.*, 8(2): 239-241, 1981.
7. KEYS, D.J. & PURDY, J.A. Thin-walled parallel plate ionization chamber for use with photon and electron beam dosimetry. *Med. Phys.*, 7(2):163-164, 1980.
8. KOOY, H.M.; SIMPSON, L.D.; McFAUL, J.A. Parallel-plate ionization chamber response in cobalt-60 irradiated transition zones. *Med.*

- Phys.*, 15(2):199-203, 1988.
9. McEWAN, A.C. & SMYTH, V.G. Comments on "Calculated response and wall correction factors for ionization chambers exposed to ^{60}Co gamma-rays" *Med. Phys.*, 11(2): 216-217, 1984.
 10. McEWAN, A.C. & SMYTH, V.G. The effect of scattered radiation in ^{60}Co beams on wall correction factors for ionization chambers. *Med. Phys.*, 13(1):117-118, 1986.
 11. NAHUM, A.E. & KRISTENSEN, M. Calculated response and wall correction factors for ionization chambers exposed to ^{60}Co gamma rays. *Med. Phys.*, 9(6):925-927, 1982.
 12. NATH, R. & SCHULZ, R. Calculated response and wall correction factors for ionization chambers exposed to ^{60}Co gamma-rays. *Med. Phys.*, 8(1): 85-93, 1981.
 13. O'CONNOR, J.E. & MALONE, D.E. A method of measuring the wall contribution of an ionization chamber. *Phys. Med. Biol.* 32(12):1603-1607, 1987.