

BR8991711

ISSN 0101-3084



CNEN/SP

ipen ***Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares***

**DESEMPENHO DE DOSÍMETROS ESPECIAIS DE EXTREMIDADE
DE BeO EM CAMPOS DE RADIAÇÃO-X E GAMA**

Linda CALDAS, Wolfgang GRAF e Hans-Norbert BRAND

PUB

PUBLICAÇÃO IPEN 252

MAIO/1989

SÃO PAULO

**DESEMPENHO DE DOSÍMETROS ESPECIAIS DE EXTREMIDADE
DE BeO EM CAMPOS DE RADIAÇÃO-X E GAMA**

Linda CALDAS, Wolfgang GRAF e Hans-Norbert BRAND

DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

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

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

E41.10

**BERYLLIUM OXIDE
GAMMA RADIATION
THERMOLUMINESCENT DOSEMETERS
X RADIATION**

IPEN - Doc - 3285

Aprovado para publicação em 24/04/89.

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

PERFORMANCE OF SPECIAL EXTREMITY DOSIMETERS OF BeO
IN X AND GAMMA RADIATION FIELDS

Linda CALDAS, Wolfgang GRAF¹ and Hans-Norbert BRAND¹

BRAZILIAN NUCLEAR ENERGY COMMISSION
NUCLEAR AND ENERGY RESEARCH INSTITUTE
P.O. Box 11049 - Pinheiros
05499 - São Paulo - BRAZIL

ABSTRACT

A dosimetric system, projected and constructed at the Institut für Strahlenschutz, consisting of a thermoluminescent reader and BeO one-way dosimeters incorporated in metallic holders, for use at extremities, was tested in the present work in relation to its most important characteristics: detection threshold, response linearity to ^{60}Co radiation, thermal fading at 50°C and energy dependence for X-radiation (from 15 to 300 kV) and gamma radiation (^{60}Co and ^{137}Cs). The influence, on the dosimeter response, of an opaque plastic cover was also studied. The results show that the system can be very useful in individual monitoring, with many advantages in relation to other commercially available dosimeters.

(1) Institut für Strahlenschutz, GSF, Munich, Germany.

DESEMPENHO DE DOSÍMETROS ESPECIAIS DE EXTREMIDADE DE BeO
EM CAMPOS DE RADIAÇÃO-X E GAMA

Linda CALDAS, Wolfgang GRAF¹ e Hans-Norbert BRAND¹

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

RESUMO

Um sistema dosimétrico, projetado e construído no Institut für Strahlenschutz, constituído por um leitor termoluminescente e dosímetros de BeO incorporados em suportes metálicos descartáveis, para utilização em extremidades, foi no presente trabalho testado em relação às suas características mais importantes: determinação da exposição mínima detectável, linearidade da resposta à radiação de ^{60}Co , desvanecimento térmico a 50°C e dependência energética para radiação-X (entre 15 e 300 kV) e gama (^{60}Co e ^{137}Cs). Foi estudada, ainda, a influência de um invólucro opaco na resposta do dosímetro. Os resultados indicam que o sistema poderá ser utilizado em monitoração individual, com várias vantagens em relação aos dosímetros disponíveis comercialmente.

(1) Institut für Strahlenschutz, GSF, Munique, Alemanha.

INTRODUÇÃO

Nas situações em que é necessário manusear materiais radioativos (mesmo com atividade baixa) atrás de um anteparo, por exemplo, a taxa de dose absorvida na pele é muito maior do que a que um dosímetro tipo broche utilizado no corpo acusaria. Isto é especialmente verdade no caso de fontes de radiação beta, onde a taxa de dose pode ser de várias ordens de grandeza maior do que a uma distância de 30 a 50 cm da fonte. Nestes casos é importante que as pessoas envolvidas estejam portando um dosímetro adicional de forma apropriada na parte do corpo onde se espera que a dose atinja seu valor mais alto. Isto implica no uso de um dosímetro de extremidade utilizado perto ou nas próprias mãos, de preferência muitas vezes nas pontas dos dedos. Às vezes pode implicar ainda no uso de um dosímetro portado na cabeça, para avaliação da dose no cristalino dos olhos.

Um dosímetro deste tipo pode ser necessário para a avaliação da dose na pele, inclusive para uma mistura de radiação beta e de fótons de energias diferentes. Não é muito prático fazê-lo com um dosímetro baseado num detector com número atômico alto (como por exemplo o dosímetro fotográfico), por causa da dependência energética da radiação. Um dosímetro contendo vários filtros diferentes para separar as contribuições das radiações beta e gama, por exemplo, não pode ser obtido numa forma e num tamanho tais que possa ser utilizado no dedo, sem interferir no trabalho a ser realizado. Por isso deve-se procurar para tal, preferencialmente, materiais que sejam aproximadamente equivalentes a tecido, como por exemplo, fluoreto de lítio, borato de lítio ou óxido de berílio.

A camada de tecido morto na pele das mãos é muito mais espessa que a pele da maioria das partes do corpo. Além disso, em geral usa-se luvas quando se manuseia material radioativo, para diminuir a dose absor

vida nas mãos (no caso de radiação beta) e para evitar contaminação das mãos. Por isso não é necessário que um dosímetro para os dedos (utilizado por cima das luvas) meça a dose a uma profundidade de 7 mg.cm^{-2} , mas sim a cerca de 30 mg.cm^{-2} .

Vários tipos de dosímetros de extremidade foram desenvolvidos^(3,9), sendo utilizados em serviços rotineiros. Um dos sistemas termoluminescentes mais recentes, disponíveis comercialmente, é o sistema Vinten, desenvolvido pelo grupo de Dutt^(5,6), na Inglaterra. Foi baseado numa ideia de Harvey e Felstead⁽⁸⁾ e tem sido estudado e testado por diversos autores, quanto às suas propriedades dosimétricas⁽²⁾, implantação em serviço rotineiro⁽⁴⁾, reutilização⁽¹¹⁾ e dependência energética e angular⁽⁷⁾. Um outro sistema proposto ainda mais recentemente é o de Heinzelmann e Pagenkamper⁽¹⁰⁾, no qual são utilizados três detectores termoluminescentes.

Um novo sistema termoluminescente foi desenvolvido no Institut für Strahlenschutz, GSF, Alemanha Federal, por Brand⁽¹⁾. O sistema consiste de dosímetros descartáveis e de um leitor termoluminescente especial (sistema de contagem de fótons), controlado através de um microcomputador para permitir leituras dosimétricas automáticas. A taxa de contagem é de 20 s^{-1} e o tempo de medida, de 50 segundos.

O material sensível (BeO) é encapsulado hermeticamente num material plástico resistente a altas temperaturas, num suporte metálico. Este suporte é utilizado como elemento aquecedor.

Durante o presente trabalho algumas características dosimétricas importantes deste sistema, como linearidade, exposição mínima detectável, desvanecimento térmico a 50°C e dependência energética para radiação-X e gama foram estudadas. Os testes de reprodutibilidade não foram realizados porque os dosímetros foram projetados para só uma utilização. São de custo muito baixo. Esta é a razão pela qual o BeO foi esco-

lhido como material sensível e não LiF ou outros materiais dosimétricos, que poderiam aumentar os custos envolvidos e talvez tornar um sistema simples destes impraticável.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS E RESULTADOS

Inicialmente as amostras foram submetidas a um processo de limpeza por ultra-som com álcool e a um tratamento térmico a 200°C durante 20 min., com uma taxa de resfriamento lenta até a temperatura ambiente.

Após a irradiação e leitura dos detectores, eles foram calibrados individualmente, submetendo-os a uma exposição de $1,29 \text{ mC.kg}^{-1}$ (5R) de radiação de ^{60}Co . As irradiações foram realizadas sempre no escuro utilizando-se os sistemas do Laboratório de Padronização Secundária do Institut für Strahlenschutz.

LINEARIDADE

Cinco conjuntos de dez amostras foram irradiadas com o sistema Gammatron (^{60}Co), entre $2,58 \mu\text{C.kg}^{-1}$ (10 mR) e $25,8 \text{ mC.kg}^{-1}$ (100 R).

A resposta termoluminescente (cujo pico principal está a 180°C na curva de emissão) apresentou um comportamento linear até $2,58 \text{ mC.kg}^{-1}$ (10R) e a reprodutibilidade das medidas variou entre 6 e 12%.

EXPOSIÇÃO MÍNIMA DETECTÁVEL

Para a determinação da exposição mínima detectável foram utilizadas dez amostras irradiadas com ^{60}Co . Tomando-se três vezes o valor do desvio padrão das dez medidas e convertendo-o à exposição, foi obtido para a exposição mínima detectável: $0,36 \mu\text{C.kg}^{-1}$ (1,4 mR).

DESVANECIMENTO TÉRMICO

As amostras foram irradiadas com $0,26 \text{ mC.kg}^{-1}$ (1R) e depois armazenadas a 50°C durante alguns dias. A resposta termoluminescente de dez detectores foi avaliada após 1, 2 e 5 dias. Observou-se inicialmente um aumento na resposta até atingir um valor máximo após 2 dias de armazenagem, decaindo em seguida. Em relação ao valor máximo mencionado, após 5 dias de armazenagem, o desvanecimento foi de 37%.

DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA

Foi verificada a dependência energética do sistema para radiação-X e gama. No caso da radiação-X, foram utilizados um sistema Siemens 163 kV modificado, Alemanha (com possibilidade de variar a tensão entre 7,6 e 150 kV) e um sistema Philips, modelo MG 420, Holanda (com possibilidade de variar a tensão entre 150 e 300 kV). Para as irradiações gama, foram utilizados os sistemas Gammatron (^{60}Co) e Theratron (^{137}Cs).

Devido ao fato que o BeO apresenta desvanecimento óptico, estas experiências foram realizadas utilizando-se tanto amostras não envolvidas, como envolvidas, por um filme plástico opaco disponível (embora não ideal) com densidade superficial de $59,7 \text{ mg.cm}^{-2}$. Os detectores foram irradiados com $12,9 \text{ mC.kg}^{-1}$ (500 mR). Os resultados podem ser vistos nas Tabelas I e II.

O invólucro de plástico opaco mudou de forma marcante a dependência energética dos dosímetros, no caso da radiação-X. A dependência é muito maior quando o invólucro está presente. No caso da radiação gama, esta diferença está dentro das incertezas associadas com as medidas envolvidas.

TABELA I

Dependência Energética dos Dosímetros de Extremidade GSF para Radiação-X.

Sistema de 163 kV (Filtração Inerente : 1,0 mmBe; 15 a 100 kV)

Sistema de 420 kV (Filtração Inerente : 2,3 mmBe; 150 a 300 kV)

Tensão kV	Corrente mA	Filtração Adicional				Camada Semi-Redutora		Resposta Relativa	
		mmAl	mmCu	mmSn	mmPb	mmAl	mmCu	Sem Invólucro	Com Invólucro
15	30	0,5	-	-	-	0,15	-	0,9924	0,2942
20	30	1,0	-	-	-	0,35	-	1,1144	0,6121
40	30	4,0	0,21	-	-	-	0,09	1,0882	1,0060
60	40	4,0	0,6	-	-	-	0,24	1,1897	1,2005
80	37,4	4,0	2,0	-	-	-	0,59	0,9996	1,0286
100	29,9	4,0	5,0	-	-	-	1,1	1,2086	1,0892
150	10	4,0	-	2,5	-	-	2,4	1,3109	1,5128
200	10	4,0	2,0	3,0	1,0	-	3,9	1,1939	1,2718
250	10	4,0	-	2,0	3,0	-	5,2	1,1482	1,2906
300	10	4,0	-	3,0	5,0	-	6,2	1,2782	1,3547

TABELA II

Dependência Energética dos Dosímetros de Extremidade GSF
para Radiação Gama (sob Condições de Equilíbrio Eletrônico)

Sistema	Fonte	Resposta Relativa	
		Sem Invólucro	Com Invólucro
Gammatron	^{60}Co	0,9623	0,9870
Theratron	^{137}Cs	0,9942	1,0168

CONCLUSÕES

Os novos dosímetros de BeO encapsulados em plástico num suporte metálico, do GSF, apresentam linearidade no intervalo de exposição utilizado na monitoração individual e uma exposição mínima detectável aceitável. Por outro lado, são fortemente dependentes com a energia, principalmente quando recobertos por um material opaco para evitar o desvanecimento óptico. A variação da resposta termoluminescente devida à armazenagem a 50°C apresentou um efeito estranho, isto é, a resposta cresceu num período de dois dias, mostrando a conveniência de se aguardar um certo intervalo de tempo antes da avaliação dos dosímetros irradiados. Este procedimento não foi seguido durante as experiências realizadas neste trabalho. As amostras foram sempre avaliadas após as irradiações.

O novo sistema de dosímetros de extremidade GSF é muito interessante e apresenta altas possibilidades para utilização em monitoração individual. Falta apenas solucionar o problema de como evitar o desvanecimento óptico do material. Para isto deverá ainda ser realizado um estudo, variando-se a espessura do invólucro opaco das amostras e desenvolvendo-se um método prático e simples para sua retirada antes das medidas termoluminescentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. D.F. Regulla pelas discussões e um dos autores (L. Caldas) agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, assim como ao Deutsche Akademische Austauschdienst pelo apoio financeiro durante o estágio no Institut für Strahlenschutz, Alemanha, em 1988.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAND, H.-N. *Fingerringdosimeter*. Gesellschaft für Strahlen-und Umweltforschung GmbH. Deutsche Patentanmeldung G 85 10060.9, 1985. US-Patentanmeldung 844.621, 1987.
2. CALDAS, L.V.E.; ECKERL, H.; DREXLER, G. Thermoluminescent properties of the Vinten extremity dosimeters. *Radiat. Prot. Dosim.* 11(4):267-271, 1985.
3. CHRISTENSEN, P. Review of personal monitoring techniques for the measurement of absorbed dose from external beta and low energy photon radiation. *Radiat. Prot. Dosim.* 14(2):127-135, 1986.
4. CURRY, R.G. & GREENSLADE, E. Extremity dosimeter monitoring service. *Radiat. Prot. Dosim.* 17:115-117, 1986.
5. DUTT, J.C.; CHONGKITIVITYA, K.; PATTISON, R.J. The performance of a new extremity and skin dosimeter. *Radiat. Prot. Dosim.* 6:257-260, 1984.
6. DUTT, J.C.; GREENSLADE, E.; MARSHALL, T.O. A new approach to the problems of extremity dosimetry. *Radiat. Prot. Dosim.* 14(2):145-150, 1986.
7. DUTT, J.C.; MINGJUN, C.; BARTLETT, D.F. The energy and angle dependence of response of the Vinten extremity dosimeter to beta radiation. *Radiat. Prot. Dosim.* 25(2):127-131, 1988.

8. HARVEY, J.R. & FELSTEAD, S.J. Thin layer thermoluminescence dosimeters based on high temperature self adhesive tape. *Phys. Med. Biol.* 24:1250-1257, 1979.
9. HEINZELMANN, M.; SCHÜREN, H.; KELLER, M. Dosimeter for determining skin dose. *Radiat. Prot. Dosim.* 2:115-118, 1982.
10. HEINZELMANN, M. & PAGENKAMPER, M. A new extremity dosimeter for beta and gamma radiation. *Proceed. Fifth Information Seminar on the Radiation Protection Dosimeter Intercomparison Programme, realizado em Bologna, Itália, 25-27 Maio 1987, Luxembourg, 1988, p.214-224.*
11. O'HAGAN, J.B.; FRANCIS, T.M.; WILLIAMS, S.M. The re-usability of the Vinten extremity dosimeter. *Radiat. Prot. Dosim.* 20(3):191-192, 1987.