

DESENVOLVIMENTO DE CONTADOR PROPORCIONAL PARA SEPARAÇÃO DE CAMPOS MISTOS NÊUTRONS - GAMA

por

Arno H. de Oliveira¹, Abel A. da Silva¹, Eugênio D. V. Filho²

ABSTRACT -- with microdosimetric distributions measured by proportional counter it is possible to measure dose rate, quality factor in mixed neutron - gamma fields. Furthermore we present, the first results obtained with a our detector.

INTRODUÇÃO

A determinação da dose num campo de irradiação misto nêutron-gama, a nível microscópico, em material equivalente - tecido, é bastante importante e usual. A contribuição da dose devida à irradiação gama pode chegar a 20% daquela devida aos nêutrons e a medida delas de maneira conveniente e precisa é fato relevante para o estudo dos efeitos biológicos das radiações.

Neste trabalho apresenta-se o projeto e construção de um contador proporcional, capaz de determinar simultaneamente, num campo misto, a taxa de dose equivalente total, a taxa de dose devida aos nêutrons e aquela devida aos gamas e o fator de qualidade, principalmente na região de nêutrons epitérmicos.

De acordo com Fano (1954), temos:

¹-Departamento de Engenharia Nuclear Avenida do Contorno, 842/919 - 30110 - Belo Horizonte/MG - Brasil

²-Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG

$$\rho_e \cdot d_e = \rho_g \cdot d_g \quad (1)$$

sendo: ρ_e = densidade da região microscópica
 d_e = diâmetro da região microscópica
 ρ_g = densidade do gás que simula a região microscópica
 d_g = diâmetro de cavidade que contém o gás

A célula de um tecido, de densidade ρ_e e de diâmetro d_e pode ser simulada através de uma cavidade esférica de diâmetro d_g , preenchida por gás de densidade ρ_g . Sendo o gás e a parede da cavidade constituídos de materiais equivalente-tecido é possível medir-se a dose na cavidade simulada Oldenburg, Booz (1972).

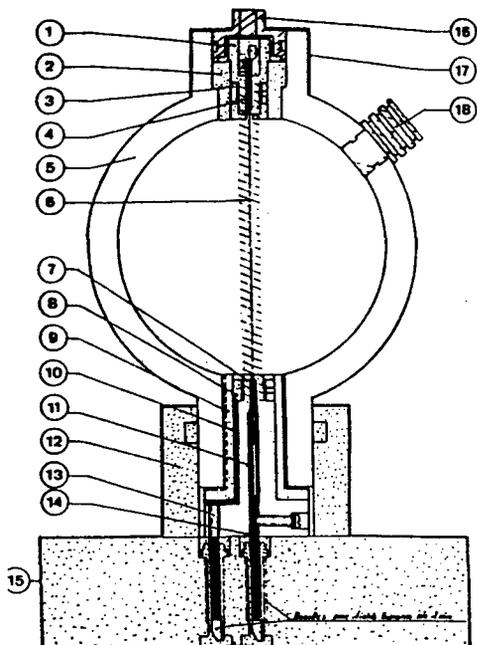
CARACTERÍSTICAS DO CONTADOR PROPORCIONAL

O detetor é constituído por uma cavidade esférica de plástico A-150 shonka equivalente-tecido. Esta cavidade é envolvida por um "capôt" de alumínio, o que permite aplicar potencial elétrico e adequar a pressão interna de modo a se obter densidade ρ_g do gás conveniente Rossi (1968). A cavidade é atravessada diametralmente por um fio anodo, mantido a potencial V_o . A "grille", em forma espiral, é mantida a um potencial V_e , fração de V_o , cuja função é tornar o campo elétrico próximo ao anodo uniforme. A parede plástico-alumínio é aterrada, servindo como catodo. Este conjunto é apoiado em suporte de plexiglass envolvido em alumínio. O detetor é equipado com uma fonte interna de Am²⁴¹ (emissor α), a qual é usada na calibração do mesmo.

A fig. 1 e quadro 1 apresentam um esquema com as características físicas e dimensões do detetor.

Quando o detetor é exposto a um campo de nêutrons e/ou gama, estas radiações interagem com a parede da cavidade, produzindo radiações secundárias as quais interagem com o gás no interior do detetor, produzindo um sinal que será tratado eletronicamente.

O detetor é acoplado a uma cadeia eletrônica composta por um pré-amplificador de carga de alto ganho (1,5V/pC), um amplificador linear, um analisador multi-canal e um microcomputador. Esta cadeia eletrônica fornece informações numéricas representativas de cada pulso de saída do detetor que tratadas adequadamente permitem calcular diversas grandezas dosimétricas (fig. 2).



Contador Proporcional

- 01 - Suporte do eletrodo superior - plexiglass
- 02 - Passagem do gás - plexiglass
- 03 - Anel de fixação da "grille" - plexiglass
- 04 - Minitubo do canal do anodo - aço inox
- 05 - Carcaça esférica - plástico E.T
- 06 - Conjunto grille - anodo - aço - platina
- 07 - Suporte do eletrodo inferior - plexiglass
- 08 - Anel de fixação da "grille" - plexiglass
- 09 - Passagem de gás - plexiglass
- 10 - Minitubo canal da "grille" - aço inox
- 11 - Canal do anodo - aço inox
- 12 - Suporte do contador - plexiglass
- 13 - Prendedor da grille - aço inox
- 14 - Prendedor do anodo - aço inox
- 15 - Blindagem do suporte do contador - alumínio
- 16 - Correção do gás - latão
- 17 - Conjunto de contacto "capot"-anel - Al+Cu
- 18 - Rolha da porta fonte - alumínio

F I G U R A 1

CARACTERÍSTICAS DO CONTADOR PROPORCIONAL

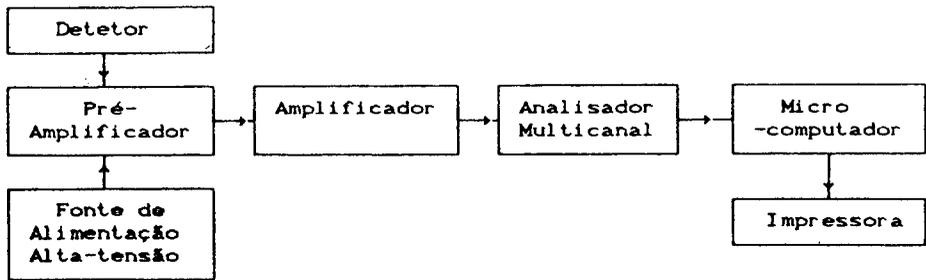


Figura 2 - Eletrônica Associada

DETERMINAÇÃO DAS GRANDEZAS DOSIMÉTRICAS

A energia depositada pela radiação no contador é proporcional a amplitude do sinal gerado. Sendo o multicanal um aparelho que fornece num dado canal, um sinal proporcional à amplitude de entrada, é possível transformar a escala de canais numa escala de energia linear da radiação geradora do sinal. Para a calibração do sistema usa-se a fonte interna de Am^{241} . As partículas α emitidas pelo Am^{241} ($E_{\alpha_1} = 5,48 \text{ MeV}$ e $E_{\alpha_2} = 5,44 \text{ MeV}$), ao atravessarem o volume sensível perdem certa quantidade de energia ao interagirem com o gás da cavidade. Esta perda fornece um espectro como o mostrado na fig. 3, onde o cume do mesmo representa a perda mais provável de energia. A seguir ela é associada a um canal correspondente $n_i(\alpha)$. O número do canal, n_i , é convertido em energia linear usando-se um coeficiente K_e , obtido a partir da calibração do detetor, ou seja:

$$K_e = \frac{y_i}{n_i} \quad (2)$$

sendo y_i = Energia depositada pela partícula alfa por unidade de comprimento.

Para o detector desenvolvido os valores dos parâmetros acima são apresentados no quadro 2.

A obtenção do espectro de dose a partir do espectro de impulsão é feita utilizando-se um coeficiente K_d Leroux (1982), que permite passar da energia linear y_i para a dose absorvida D_i . Este coeficiente depende da massa do gás, do volume sensível e do comprimento da corda média (\bar{L}) da cavidade. Ele é calculado a partir de uma aproximação que consiste em comparar a função de Dirac centrado sobre a corda média Leroux e Herbauty (1982), Nguyen et al (1982). Sendo:

$$K_d = \frac{\bar{L}}{m} \quad (3)$$

onde m é a massa do gás da cavidade correspondente.

A dose do i -ésimo canal é dada por:

$$D_i = K_d \cdot C_i \cdot y_i \quad (4)$$

e a dose total será:

$$D_T = \sum_i D_i = \sum_i K_d \cdot C_i \cdot y_i = K_e \cdot K_d \cdot \sum_i C_i \cdot n_i$$

DETERMINAÇÃO DO FATOR DE MULTIPLICAÇÃO

A equação abaixo permite a determinação do fator de multiplicação do contador:

$$\ln A = \frac{V \ln 2}{B \ln (b/a)} \cdot \ln \frac{\Delta V}{B \rho a \ln (b/a)}$$

A - fator de multiplicação

ρ - densidade do gás

V - voltagem de operação

a - raio do anodo

b - raio do catodo

B e ΔV - constantes do gás determinadas a partir de Williams e Sara (1912) cujos valores são apresentados no quadro 2. A fig. 4 mostra a variação do fator de multiplicação com

QUADRO I
Características físicas do contador

Contador proporcional			
Invólucro	material	alumínio	
	forma	cilíndrica	
	diâmetro externo	80,0 mm	
	altura	114,0 mm	
Volume Sensível	espessura da parede	1,7 mm	
	forma	esférica	
	diâmetro	51,6 mm	
	volume	72,0 mm	
Fio anodo	material	cobre	
	diâmetro	71 μ m	
Fio "grille"	material	platina	
	diâmetro	3,0 mm	
Fonte interna de calibração	radioisótopo	Am ²⁴¹	
	Energia	5,44 MeV; 5,48 MeV	
Características do gás de preenchimento	composição do gás em volume (%)	CH ₄	- 89,32
		C ₂ H ₆	- 7,79
		C ₃ H ₈	- 0,74
		CO ₂	- 0,48
		N ₂ + O ₂	- 1,67
Densidade	3,88E-5 g/cm ³		
	Pressão	36,9 Torr	
Resolução do contador	25%		

QUADRO II
Grandezas dosimétricas

Coefficiente K _s	0,610 Kev/ μ mC
Corde média (l)	1,33 μ m
TLE	86,56 Kev/ μ m
diâmetro simulado (d _s)	2 μ m
Coefficiente K _d	3,48E-9 C. Gy μ m/Kev
Energia para criar um par de íons (w)	28,7 eV
Stopping power (S)	1,058E-3 Mev . cm /g
Constante B	32,97 eV
Constante Δ V	3,62E-7 g/cm
Fator de multiplicação (A)	5,35E3

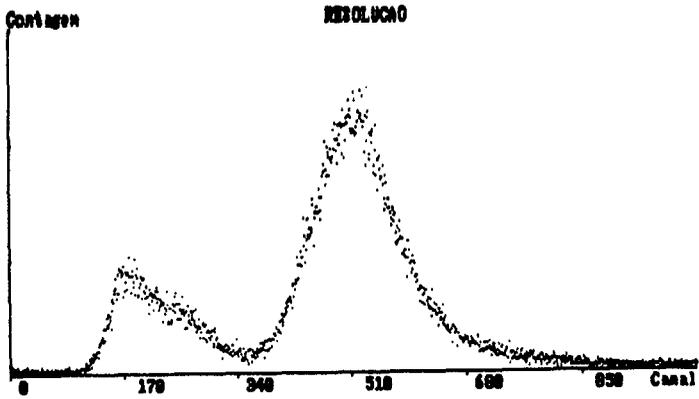


Figura 3. Espectro representando a perde de Energia.

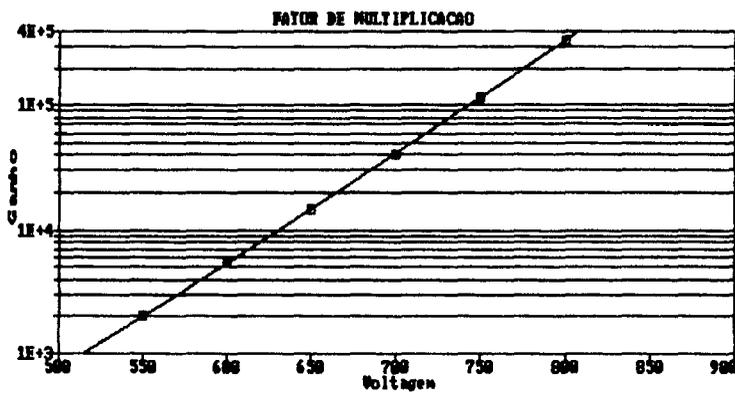


Figura 4. Mostra a variação do fator de multiplicação com a voltagem.

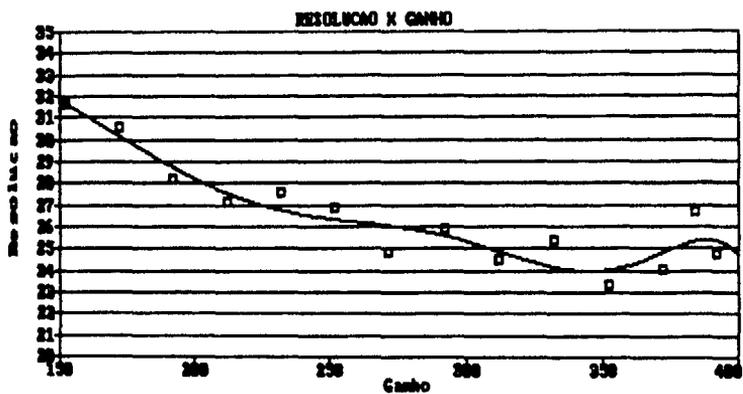


Figura 5. Curva mostrando a resolução do contador em função do ganho.

a voltagem.

A partir da determinação do fator de multiplicação foi possível determinar a resolução do contador (fig. 5).

CONCLUSÃO

Os testes iniciais com o detetor foram feitos usando no seu interior gás natural, pois a concentração de metano é bastante elevada (80,99%). Os primeiros resultados mostraram que o gás equivalente - tecido poderá ser substituído pelo gás natural.

Outro resultado bastante significativo é a resolução do contador (25%) a FWHM.

A variação no fator K_c entre o início de uma série de medidas e o seu final são inferiores a 1%, resultado este que concorda com Leroux (1982). Estes resultados mostraram que a troca do gás deverá ser feita a cada três dias.

REFERÊNCIAS

- FANO, U., (1954) Note on the Bragg-Gray Principle for Measuring Energy Dissipation. Radiation Research, 1, 137-40.
- LEROUX. J. B. & HERBAUTY., (1982) Etudes Microdosimétriques de rayonnements photoniques et neutroniques. Note D'étude SPR/GSTEC, LD n° 82.03
- NGUYEN V. D., LUCCIONI C., CHUITON R., CHAPUIS J. C., RICOURT A., PARMENTIER N., Compteur Intégrateur de Rayonnement Complexe (C.I.R.C.E.). Communication présentée au "Congrès Connus Italo-Français de Radioprotection", Florence (italie) 30 mai - 1^{er} juin 1983.
- OLDENBURG U. & BOOZ, J., (1972) Mass stopping power and path length of neutron produced recoils in tissue and tissue equivalent materials.
- ROSSI, H. H., (1968) Microscopic energy distributions in irradiated matter. In: Radiation Dosimetry, Vol. I, 43-92.
- WILLIAMS, A., SARA R. I., (1962) Parameters Affecting the Resolution of a Proportional Counter. In: International Journal of Applied Radiation on Isotopes. Vol. 13, 229-38.,