



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

8. Título

| INPE-2438-PRE/139

MEDIDA DE RADIAÇÃO GAMA, ATRAVÉS DE UMA
CÂMARA DE CENTELHAS COLOCADA A BORDO DE
UM BALÃO ESTRATOSFÉRICO

9. Autoria *Clóvis M. E. Santo*
K. R. Rao

Assinatura responsável



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Publicação nº <i>INPE-2438-PRE/139</i>	2. Versão	3. Data <i>Junho, 1982</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DAS/DAE</i>	Programa <i>FUVE/PAS</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>COMPONENTE DIFUSA</i> <i>RADIAÇÃO GAMA</i>			
7. C.D.U.: <i>523.03</i>			
8. Título <i>MEDIDA DE RADIAÇÃO GAMA, ATRAVÉS DE UMA CÂMARA DE CENTELHAS COLOCADA A BORDO DE UM BALÃO ESTRATOSFÉRICO</i>		<i>INPE-2438-PRE/139</i>	10. Páginas: <i>26</i>
9. Autoria <i>Clóvis M. E. Santo</i> <i>K. R. Rao</i>			11. Última página: <i>22</i>
Assinatura responsável <i>CM Santos</i>			12. Revisada por <i>Udaya B. Jayanthi</i>
			13. Autorizada por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor
14. Resumo/Notas <p><i>Para determinar o componente difusa da radiação gama no intervalo de 15 a 75 Mev, proveniente das proximidades do centro galáctico, uma câmara de centelhas digitalizada foi lançada a bordo de dois balões em Resende, Brasil, a 19 de novembro e 3 de dezembro de 1975. Em cada um dos vôos o detector alcançou uma altitude de 2,2 g/cm². Baseando-se nesses dados, obteve-se um fluxo de raios gama de origem difusa de $6,0 \times 10^{-5}$, $2,0 \times 10^{-5}$, $4,6 \times 10^{-6}$ e $1,3 \times 10^{-6}$ fótons (cm².s.sterad.Mev) para energias de 21, 36, 52 e 67 Mev, respectivamente. Estes valores dão um espectro do tipo "lei de potências", com um índice espectral igual a -3,3. Obteve-se também a dependência desta radiação com a latitude e a longitude galáctica no intervalo $-5^{\circ} \leq b_{II} \leq 35^{\circ}$ e $325^{\circ} \leq l_{II} \leq 375^{\circ}$. Finalmente, compararam-se estes resultados com aqueles obtidos por outros pesquisadores.</i></p>			
15. Observações <i>Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo "Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT", através de convênio FINEP-537-CT. Este trabalho será submetido para publicação na Revista Brasileira de Física - RBF.</i>			

**MEDIDA DE RADIAÇÃO GAMA, ATRAVÉS DE UMA CÂMARA DE CENTELHAS
COLOCADA A BORDO DE UM BALÃO ESTRATOSFÉRICO**

CLOVIS MONTEIRO ESPÍRITO SANTO E KALVALA RAMANUJA RAO

**Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
São José dos Campos - São Paulo**

Assistente de Pesquisa

Pesquisador Associado

RESUMO

Para determinar a componente difusa da radiação gama no intervalo de 15 a 75 Mev, proveniente das proximidades do centro galáctico, uma câmara de centelhas digitalizada foi lançada a bordo de dois balões em Resende, Brasil, a 19 de novembro e 3 de dezembro de 1975. Em cada um dos vôos o detector alcançou uma altitude de 2,2 g/cm². Baseando-se nesses dados, obteve-se um fluxo de raios gama de origem difusa de $6,0 \times 10^{-5}$, $2,0 \times 10^{-5}$, $4,6 \times 10^{-6}$ e $1,3 \times 10^{-6}$ fótons (cm².s.sterad.Mev) para energias de 21, 36, 52 e 67 Mev, respectivamente. Estes valores dão um espectro do tipo "lei de potências", com um índice espectral igual a -3,3. Obteve-se também a dependência desta radiação com a latitude e a longitude galáctica no intervalo $-5^{\circ} \leq b^{\text{II}} \leq 35^{\circ}$ e $325^{\circ} \leq l^{\text{II}} \leq 375^{\circ}$. Finalmente, comparam-se estes resultados com aqueles obtidos por outros pesquisadores. (auto).

ABSTRACT

For determining the diffuse component of gamma rays in the 15 to 75 Mev range arriving from near the galactic center, a digitized spark chamber was launched aboard two balloons from Resende, Brazil, on 19 November and 3 December 1975. In each flight the detector reached an altitude of 2,2 g/cm². Based on these data, ~~we obtained~~ a diffuse gamma ray flux $6,0 \times 10^{-5}$, $2,0 \times 10^{-5}$, $4,6 \times 10^{-6}$ and $1,3 \times 10^{-6}$ photons (cm².s.sterad.Mev) at energies of 21, 36, 52, 67 Mev respectively, ^{was obtained}

These values give a power law spectrum with spectral index equal to -3,3. The dependence of this radiation with the galactic latitude and longitude in the interval $-5^{\circ} \leq b^{\text{II}} \leq 35^{\circ}$ and $325^{\circ} \leq l^{\text{II}} \leq 375^{\circ}$ was also obtained. Finally, our results were compared with other experimenters' results. (see also)

1. INTRODUÇÃO

Devido à seção de choque de absorção bastante baixa apresentada pelos fótons da radiação gama, eles têm-se mostrado muito útil na pesquisa dos processos físicos que ocorrem nos meios galáctico e intergaláctico. Esta característica da radiação permite que ela chegue até a Terra praticamente inalterada. Atualmente, sabe-se que a componente nucleônica dos raios cósmicos são responsáveis pela produção da radiação gama secundária de alta energia, e que os raios gama de baixa e média energia são produzidos principalmente pelos elétrons cósmicos relativísticos (Kniffen et alii, 1977). Assim sendo, o estudo da radiação gama de origem cósmica pode fornecer informações sobre o espectro, distribuição e constituição dos raios cósmicos galácticos.

A técnica de levar cargas úteis ao espaço, por meio de balões estratosféricos de grande volume, tem sido bastante empregada nos últimos anos, devido principalmente ao baixo custo destes com relação aos outros meios disponíveis. Além disso, em comparação com foguetes, satélites e plataformas espaciais, os balões apresentam certas vantagens e desvantagens, sendo a sua maior desvantagem, o fato do alcance de seu teto ser relativamente baixo. Comparando-os aos foguetes, os balões têm a vantagem, com relação aos primeiros, de permitir um tempo maior de observação e com relação aos segundos, de apresentar um ruído de fundo, formado em sua estrutura, praticamente nulo. Este ruído de fundo é particularmente importante quando se deseja medir raios gama de baixa energia (≤ 10 Mev), uma vez que os raios cósmicos produzem, na carcaça do satélite, inúmeras linhas de radiação nesta faixa de energia.

Com o objetivo de estudar a radiação gama difusa na faixa de média energia, realizaram-se dois vôos de balão em novembro e dezembro de 1975. Cada um dos balões levava a bordo uma câmara de centelhas digitalizada, com capacidade de detectar fótons gama com energias de 5 até 250 Mev. Dos dois vôos efetuados, analisaram-se somente os dados referentes ao segundo vôo. Os dados selecionados, referentes ao primeiro vôo, foram desprezados em virtude de se mostrarem insuficientes para uma análise, pelo menos, razoável. Uma primeira análise desses dados mostraram uma dependência da taxa de raios gama detectados em função da altura, em total discordância com as medidas efetuadas por outros pesquisadores (Schonfelder and Lichti, 1973; Daniel et alii, 1972; e Kniffen et alii, 1978).

2. ESCOLHA DO DETECTOR

A radiação electromagnética interage com a matéria através de três processos físicos distintos, a saber: interação fotoelétrica, interação Compton e produção de pares. A importância de cada um dos processos depende exclusivamente da energia do fóton incidente (Evans, 1955). A energia mínima necessária para a produção de um par elétron-pósitron é de 1,1 Mev, e este processo torna-se dominante em energias acima de 10 Mev. Assim sendo, o detector mais conveniente para ser utilizado na faixa de 15 a 75 Mev é uma câmara de centelhas, onde o par elétron-pósitron detectado dá informações sobre a energia e a direção do fóton gama incidente.

3. O DETECTOR

O detector utilizado nas observações está representado na Figura 1. O instrumento básico consiste em duas câmaras de centelhas, colocadas acima e abaixo de um contador de cintilações. A câmara superior consiste em 16 módulos separados por 15 placas de alumínio de espessura 0,0813 cm, sendo que a separação entre as placas é de 1,41 cm. A área ativa da câmara de centelhas é de 50 cm x 50 cm. A câmara inferior, abaixo do cintilador e com a mesma área ativa, contém três placas e quatro módulos com uma separação de 5,66 cm; abaixo do último módulo, encontra-se um detector Cerenkov. Todo o sistema detector está protegido contra partículas carregadas, por um sistema de coincidência e anticoincidência. Detalhes sobre o conjunto de detecção podem ser encontrados em Espírito Santo (1981).

4. ANÁLISE DE DADOS

Para análise da imagem gráfica, produzida pelo detector, utilizou-se um sistema de coordenadas ortogonal com o eixo-z apontando na direção do eixo do detector (direção normal à sua superfície), e com os eixos x e y perpendiculares entre si e com direções coincidentes com as de dois magnetômetros rigidamente ligados ao detector. Os dados são apresentados em microfílm, onde cada quadro representa as projeções ortogonais x-z e y-z das trajetórias das partículas carregadas, as quais são responsáveis pelo disparo do sistema eletrônico que efetuou as medidas, ao lado de outros dados que caracterizam o evento registrado. Todavia, nem todo evento registrado corresponde realmente a fótons

de radiação gama (Espírito Santo, 1981). Partículas carregadas, produzidas pelo decaimento de alguns múons com vidas médias inferiores ao intervalo de anticoincidência do detector, e elétrons produzidos dentro do detector através de reações nucleares com nêutrons da radiação cósmica, podem ser responsáveis pelo registro de falsos eventos. Estes falsos eventos podem ser identificados e eliminados através de uma inspeção da imagem gráfica registrada do evento. Para cada evento selecionado anotou-se o instante de tempo em que o evento ocorreu, bem como as medidas que davam a posição e a orientação do detector. Para a determinação da energia do fóton, foi importante saber o número de placas de alumínio, atravessadas por cada uma das partículas do par, e o ângulo formado pelas direções de suas trajetórias. A energia do fóton foi determinada, utilizando-se um método desenvolvido por Claverie (1970), no qual esta energia é uma função do número de placas atravessadas pelas partículas do par, do ângulo formado entre as direções de suas trajetórias e de parâmetros característicos do detector. A Figura 2 representa o número de fótons gama detectados em função da energia, para o intervalo de interesse, ou seja, de 15 a 75 Mev.

4.1. ESPECTRO DE ENERGIA DA COMPONENTE DIFUSA

O espectro de energias da radiação gama de origem difusa é determinado a partir de sua intensidade para cada intervalo de energia. Este cálculo leva em conta certas características particulares do detector, tais como eficiência em função da energia e área efetiva do detector. De acordo com Agrinier et alii (1973), pode-se escrever:

$$N_d = \iint J(E) \epsilon(E, \theta) d\Omega dE, \quad (1)$$

onde N_d é o número de fótons gama detectados por segundo, $J(E)$ é o fluxo da radiação gama difusa que se deseja medir, $\epsilon(E, \theta)$ é a eficiência do detector multiplicada pela área de sua superfície, e Ω é o ângulo sólido determinado por um fóton, cujo ângulo de incidência, medido em relação à reta normal à superfície do detector, é igual a θ . Levando-se em conta que o fator geométrico do detector é definido por:

$$G(E) = \int_{\Delta E} \epsilon(E, \theta) \sin \theta d\theta, \quad (2)$$

a integral 1 pode ser reescrita como:

$$N_d = 2\pi J(\bar{E}) \int_{\Delta E} G(E) dE, \quad (3)$$

onde $J(E)$ é considerado constante dentro de cada intervalo, e igual a $J(\bar{E})$. \bar{E} é o valor médio da energia dentro de cada intervalo, para um espectro do tipo lei de potência, com índice espectral igual a -2 (Agriner et alii, 1973).

O intervalo de 15 a 75 Mev foi dividido em quatro intervalos iguais de 15 Mev cada um. Para cada um dos intervalos, construiu-se a curva de ascensão, que dá a dependência do número de fótons gama detectados em função da pressão atmosférica, na altura do balão. Ajustando-se a curva de ascensão a uma reta desde 10 g.cm^{-2} até 100 g.cm^{-2} , e extrapolando-se a reta ajustada desde alturas de aproximadamente

10 g.cm⁻² até o teto do voo (2,2 g.cm⁻²), o excesso de radiação detectada com relação à reta extrapolada dá uma medida da radiação gama de origem difusa (radiação total menos componente atmosférica). Sendo N o número de fótons gama detectados por segundo e p a pressão atmosférica medida em g/cm², pode-se relacionar estas duas variáveis através das equações:

$$a) 15\text{Mev} \leq E_{\gamma} < 30\text{Mev}$$

$$N = 0,00026 p^{1,24} \quad (4a)$$

$$b) 30\text{Mev} \leq E_{\gamma} < 45\text{Mev}$$

$$N = 0,00015 p^{1,36} \quad (4b)$$

$$c) 45\text{Mev} \leq E_{\gamma} < 60\text{Mev}$$

$$N = 0,00020 p^{1,10} \quad (4c)$$

$$d) 60\text{Mev} \leq E_{\gamma} < 75\text{Mev}$$

$$N = 0,0015 p^{0,53} \quad (4d)$$

Com o auxílio destas equações pode-se determinar, para cada intervalo de energias, o número de fótons gama de origem difusa detectados por segundo, a saber:

$$a) 15\text{Mev} \leq E_{\gamma} < 30\text{Mev}$$

$$N_d = (0,0058 \pm 0,0017) \text{ fótons/segundo} \quad (5a)$$

b) $30\text{Mev} \leq E_{\gamma} < 45\text{Mev}$

$$N_d = (0,0055 \pm 0,0017) \text{ f\u00f4tons/segundo} \quad (5b)$$

c) $45\text{Mev} \leq E_{\gamma} < 60\text{Mev}$

$$N_d = (0,0018 \pm 0,0010) \text{ f\u00f4tons/segundo} \quad (5c)$$

d) $60\text{Mev} \leq E_{\gamma} < 75\text{Mev}$

$$N_d = (0,0006 \pm 0,0006) \text{ f\u00f4tons/segundo} \quad (5d)$$

5. DISCUSS\u00c3O E INTERPRETA\u00c7\u00c3O DOS RESULTADOS

5.1. ESPECTRO DE ENERGIAS DA COMPONENTE DIFUSA DA RADIA\u00c7\u00c3O GAMA DE M\u00c9DIA ENERGIA

A determina\u00e7\u00e3o do espectro de energias da radia\u00e7\u00e3o gama de origem difusa tem-se mostrado importante para a verifica\u00e7\u00e3o da validade dos modelos cosmol\u00f3gicos propostos, bem como para a determina\u00e7\u00e3o da rela\u00e7\u00e3o existente entre os espectros dos el\u00e9trons, e os dos pr\u00f3tons e n\u00facleos que constituem os raios c\u00f3smicos. Isto \u00e9 poss\u00edvel em virtude dos el\u00e9trons c\u00f3smicos serem respons\u00e1veis pela produ\u00e7\u00e3o da radia\u00e7\u00e3o gama de baixa e m\u00e9dia energia, ao passo que os pr\u00f3tons e n\u00facleos at\u00f4micos de origem c\u00f3smica s\u00e3o respons\u00e1veis pela produ\u00e7\u00e3o de raios gama de alta energia. Como as intera\u00e7\u00f5es dos raios c\u00f3smicos (el\u00e9trons, pr\u00f3tons e n\u00facleos at\u00f4micos) ocorrem com um \u00fanico g\u00e1s, pode-se relacionar diretamente o espectro de el\u00e9trons e os dos pr\u00f3tons e n\u00facleos at\u00f4micos aos espectros dos raios gama de m\u00e9dias e altas energias, respectivamente (Fichtel and Kniffen, 1974). Com rela\u00e7\u00e3o \u00e0 radia\u00e7\u00e3o gama de m\u00e9dia ener

gia de origem difusa, a Figura 3 mostra os resultados obtidos nesta experiência, nesta faixa de energias. Aí também são mostrados alguns resultados obtidos por outros pesquisadores no intervalo de 20 a 150 Mev, bem como a curva espectral que se ajusta aos resultados experimentais obtidos para energias abaixo de 1 Mev e acima de 100 Mev (curva interpolada). Esta curva apresenta um índice espectral igual a $-2,3$ (Fichtel et alii, 1975), ao passo que os resultados experimentais, alcançados nesta experiência, mostram um índice espectral igual a $-3,3$. Os valores do fluxo da radiação gama de origem difusa, aqui calculados para o intervalo de energias de 15 a 75 Mev, concordam razoavelmente com os valores obtidos, nesta faixa, por outros pesquisadores. Com relação à curva interpolada, nota-se que a intensidade desta radiação, obtida experimentalmente em torno de 15 Mev, é uma ordem de grandeza maior de que o valor dado por aquela curva. Este fato mais a discrepância obtida entre os índices espectrais das curvas experimental e extrapolada mostram que a curva, representando o espectro da radiação gama difusa na faixa de energia média, não pode ser obtida simplesmente pela extrapolação da curva espectral válida para baixas energias. Stecker (1973) sugeriu que a diminuição na inclinação da curva espectral em torno de 1 Mev e o aumento da sua inclinação em torno de 40 Mev era devida ao processo de decaimento dos mésons neutros produzidos por interações nucleares entre os raios cósmicos e os núcleos do gás ambiente, ou por aniquilação matéria-antimatéria. Embora este processo produza fótons gama com energias em torno de 70 Mev (Fichtel et alii, 1975), ele pode contribuir para o espectro medido em energias de até 1 Mev. Este fato pode ser devido à expansão do universo, cujo efeito resultante é a diminuição da energia do fóton produzido inicialmente, em virtude do efeito Doppler.

5.2. DEPENDÊNCIA LONGITUDINAL DA COMPONENTE DIFUSA DA RADIAÇÃO GAMA DE MÉDIA ENERGIA

Com relação à variação da componente difusa da radiação gama com a longitude galáctica, os dados obtidos pelo satélite SAS - 2 (Fichtel et alii, 1977) para o plano galáctico mostram um máximo de intensidade na direção do centro galáctico, decrescendo à medida que se dirige para o antcentro. Em direções intermediárias, aparecem alguns picos sugerindo a existência de fontes localizadas de radiação gama. A Figura 4 é um histograma representando o número de fótons gama de origem difusa, observados em função da longitude galáctica. Além desses valores obtidos nesta experiência, a Figura 4 mostra alguns resultados obtidos com o satélite SAS - 2, no intervalo de energias entre 35 e 100 Mev (Fichtel et alii, 1975). Todavia, ambos os resultados não podem ser comparados diretamente por envolverem intervalos diferentes de latitudes galácticas. Os dados colhidos nesta experiência não são totalmente provenientes do plano galáctico, como é o caso dos dados do satélite SAS - 2. Este fato, juntamente com a consideração feita inicialmente de que todo raio gama observado provém do zênite, justifica a discrepância encontrada entre os resultados mostrados na Figura 4, relativos às duas experiências. Esses resultados mostram um pico na posição com as coordenadas $b^{\text{II}} - 10^{\circ}$ e $l^{\text{II}} - 2^{\circ}$, e um decréscimo em torno desta latitude galáctica. Este pico pode ser explicado pela proximidade desta região com o centro galáctico, de onde se espera um incremento no fluxo da radiação gama. Por outro lado, à medida que se afasta do plano galáctico, a intensidade de radiação gama decresce de um valor máximo até um valor mínimo para latitudes maiores do que 45° . Este com

portamento é verificado independentemente do intervalo de longitude considerado, embora os valores máximos das intensidades detectadas sejam diferentes em cada caso.

A ocorrência de um patamar em $b^{\text{II}} \sim 45^{\circ}$ para a intensidade da radiação gama de origem difusa sugere a existência de duas componentes responsáveis pelo fluxo desta radiação. Uma delas está concentrada ao longo do equador galáctico e é claramente de origem galáctica, e a outra é isotrópica com possível origem extragaláctica (Kraushaar et alii, 1972). Este comportamento observado para a radiação gama difusa não explica o outro pico, verificado nos resultados experimentais, obtido na região com coordenadas $b^{\text{II}} \sim 35^{\circ}$ e $l^{\text{II}} \sim 335^{\circ}$. Este pico, com uma largura considerável, pode ser devido a alguma fonte pontual ou extensa aí existente. A impossibilidade de determinar a dimensão angular da possível fonte presente nesta região reside no fato do ângulo de abertura do detector ser relativamente grande ($\sim 30^{\circ}$).

5.3. ESPECTRO DA RADIAÇÃO GAMA DE ORIGEM DIFUSA EM FUNÇÃO DA LATITUDE GALÁCTICA

Da Figura 5 vê-se que, para uma dada energia, a intensidade da radiação gama de média energia de origem difusa não varia, acentuadamente, de um intervalo para outro de latitude, com exceção do intervalo $15^{\circ} \leq b^{\text{II}} \leq 25^{\circ}$. Aí, para uma dada energia, a intensidade desta radiação chega a ser três vezes menor do que aquelas medidas nos outros intervalos. A intensidade relativamente baixa da radiação proveniente desta região pode ser devida à pequena quantidade de material galácti

co aí existente. Considerando-se o espectro da radiação gama difusa como sendo da forma $J \propto E_{\gamma}^{-\Gamma}$ (Fichtel et alii, 1975), encontra-se para os intervalos $5^{\circ} \leq b^{\text{II}} \leq 15^{\circ}$, $15^{\circ} \leq b^{\text{II}} \leq 25^{\circ}$, $25^{\circ} \leq b^{\text{II}} \leq 35^{\circ}$ índices espectrais, cujos valores são -3,3; -3,1 e -2,7, respectivamente (Figura 6). Estes resultados sugerem um aumento da inclinação da curva espectral, à medida que se aproxima do plano galáctico, ou em outras palavras, este comportamento significa que, a altas latitudes, o espectro de radiação gama de origem difusa torna-se um "espectro mole". O decréscimo observado nesta experiência, da inclinação da curva espectral à medida que se dirige para os polos galácticos, está de acordo com os resultados obtidos por Kraushaar et alii (1972) para energias acima de 50 Mev.

6. CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos acerca da radiação gama de origem difusa, com energias entre 15 e 75 Mev, pode-se apresentar as seguintes conclusões:

1) O espectro de energias dos raios gama no intervalo de 1 Mev até 150 Mev não pode ser representado por uma lei de potências, com um único índice espectral.

2) Considerando-se a interpolação à faixa de médias energias da curva espectral, válida para energias abaixo de 1 Mev e acima de 100 Mev, os resultados aqui obtidos sugerem a existência de um mecanismo que contribui eficazmente para a produção de raios gama com energias em torno de 10 Mev. Este mecanismo parece consistir no decaimento de mésons, produzidos através de reações nucleares ou por aniquilamento matéria-antimatéria, e em mais uma contribuição de fontes extra-galácticas, tais como galáxias Seyfert, quasares e rádio-galáxias.

3) A intensidade dos raios gama de origem difusa, com energias entre 15 e 75 Mev, apresenta uma dependência com a latitude e longitude galáctica, sendo o centro galáctico a região que emite o maior fluxo desta radiação.

4) A inclinação da curva espectral dos raios gama de origem difusa, com energias entre 15 e 75 Mev, diminui à medida que se afasta do plano galáctico.

5) A existência de alguma possível fonte localizada de ra
diação gama, no intervalo de energias considerado, não pôde ser confirm
mada em virtude do ângulo de abertura do detector ser relativamente
grande.

LEGENDA DAS FIGURAS

- Fig. 1 - Esquema do detector de radiação gama de média energia.**
- Fig. 2 - Histograma do número de fótons gama detectados em função de suas energias.**
- Fig. 3 - Espectro de energias da radiação gama de origem difusa, com resultados obtidos nesta e em outras experiências.**
- Fig. 4 - Dependência da radiação gama de origem difusa em função da longitude galáctica.**
- Fig. 5 - Espectro de energia da radiação gama difusa.**
- Fig. 6 - Variação da inclinação da curva espectral da radiação gama de origem difusa com a latitude galáctica.**

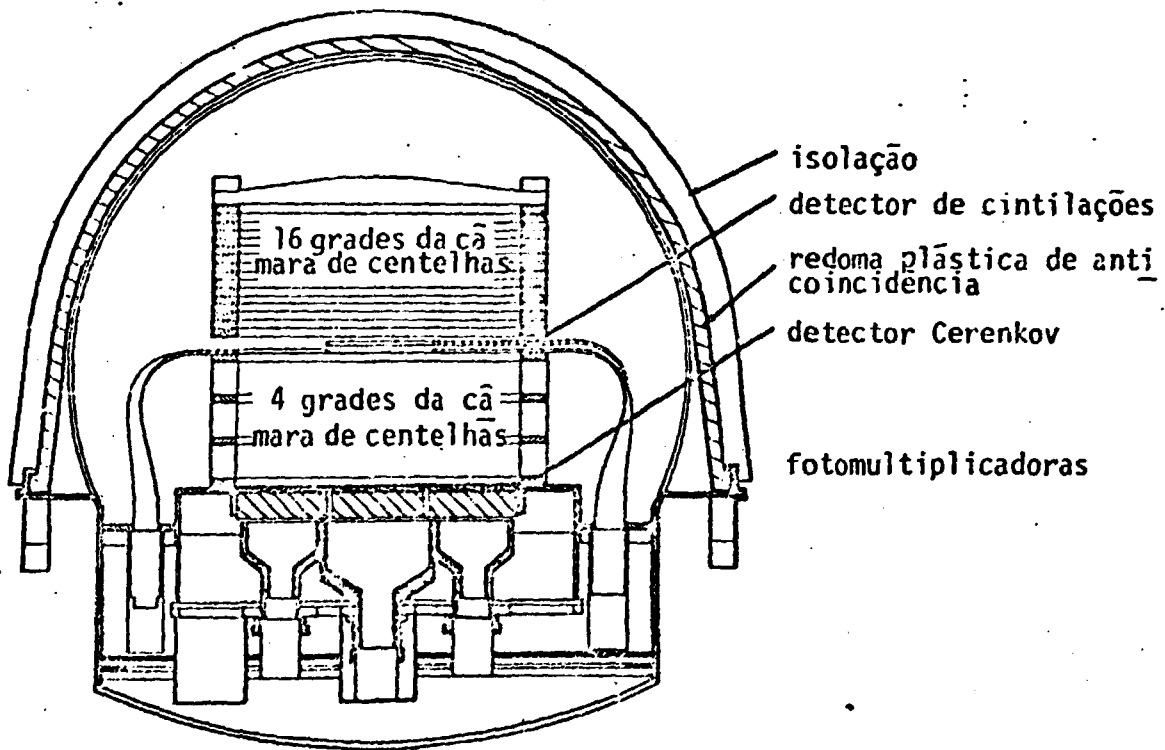


Fig. 1 - Esquema do detector de radiação gama de média energia.

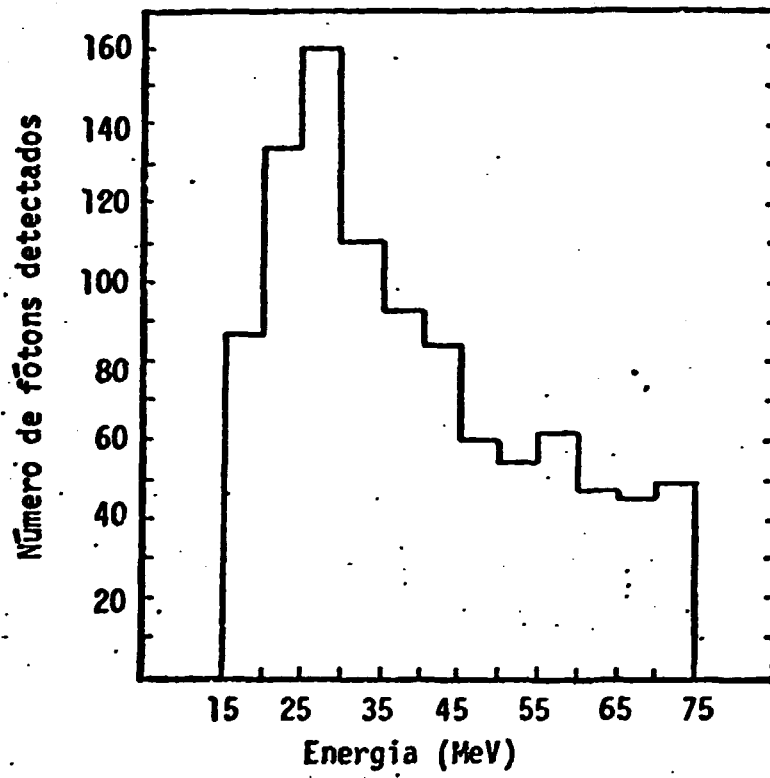


Fig. 2 - Histograma do número de fótons gama detectados em função de suas energias.

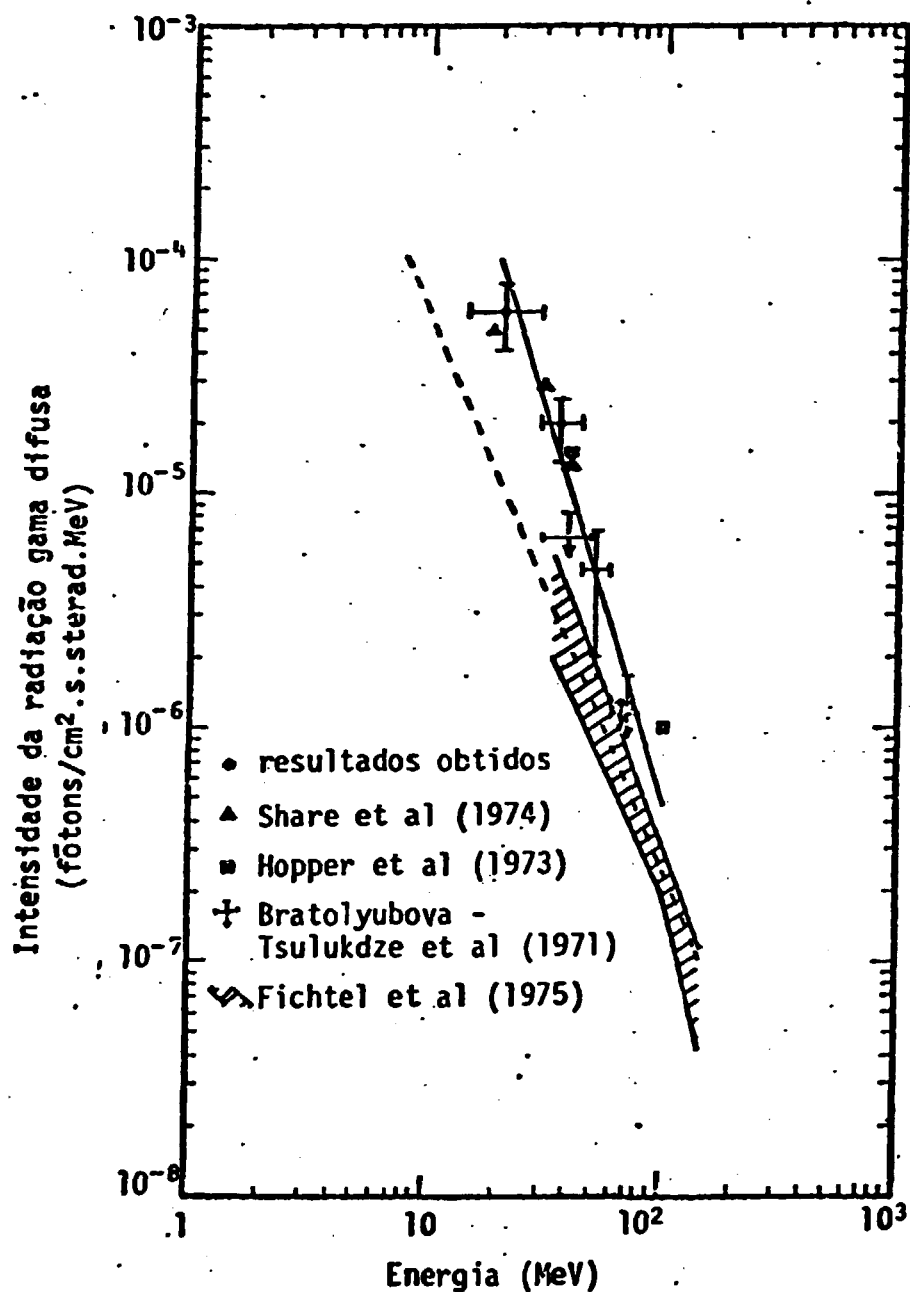


Fig. 3 - Espectro de energias da radiação gama de origem difusa, com resultados obtidos nesta e em outras experiências.

A linha contínua representa o melhor ajuste aos pontos experimentais e a linha tracejada representa a curva espectral válida para energias abaixo de 1 Mev e acima de 100 Mev.

FONTE: Fichtel et alii (1977), p. 49.

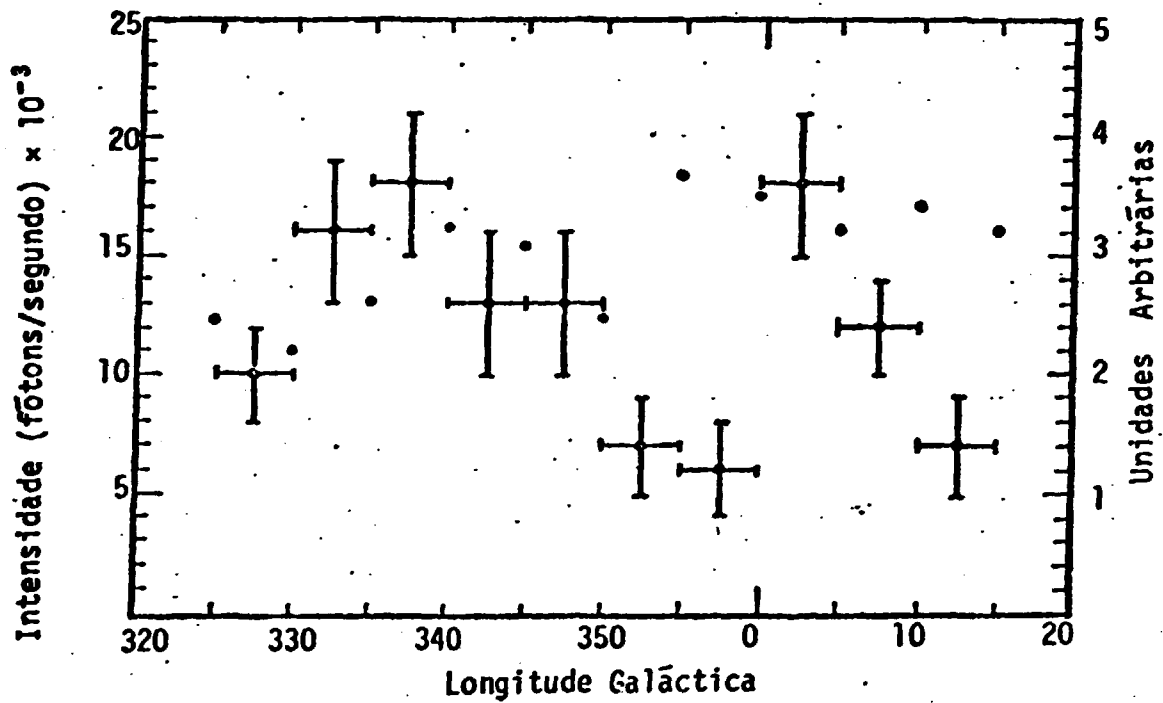


Fig. 4 - Dependência da radiação gama de origem difusa em função da longitude galáctica.

Os pontos com as barras de erro são os resultados experimentais medidos em unidades (fótons/s) $\times 10^{-3}$, e os pontos isolados referem-se aos dados do satélite SAS-2, medidos em unidades arbitrárias.

FONTE: Fichtel et alii (1977), p. 195.

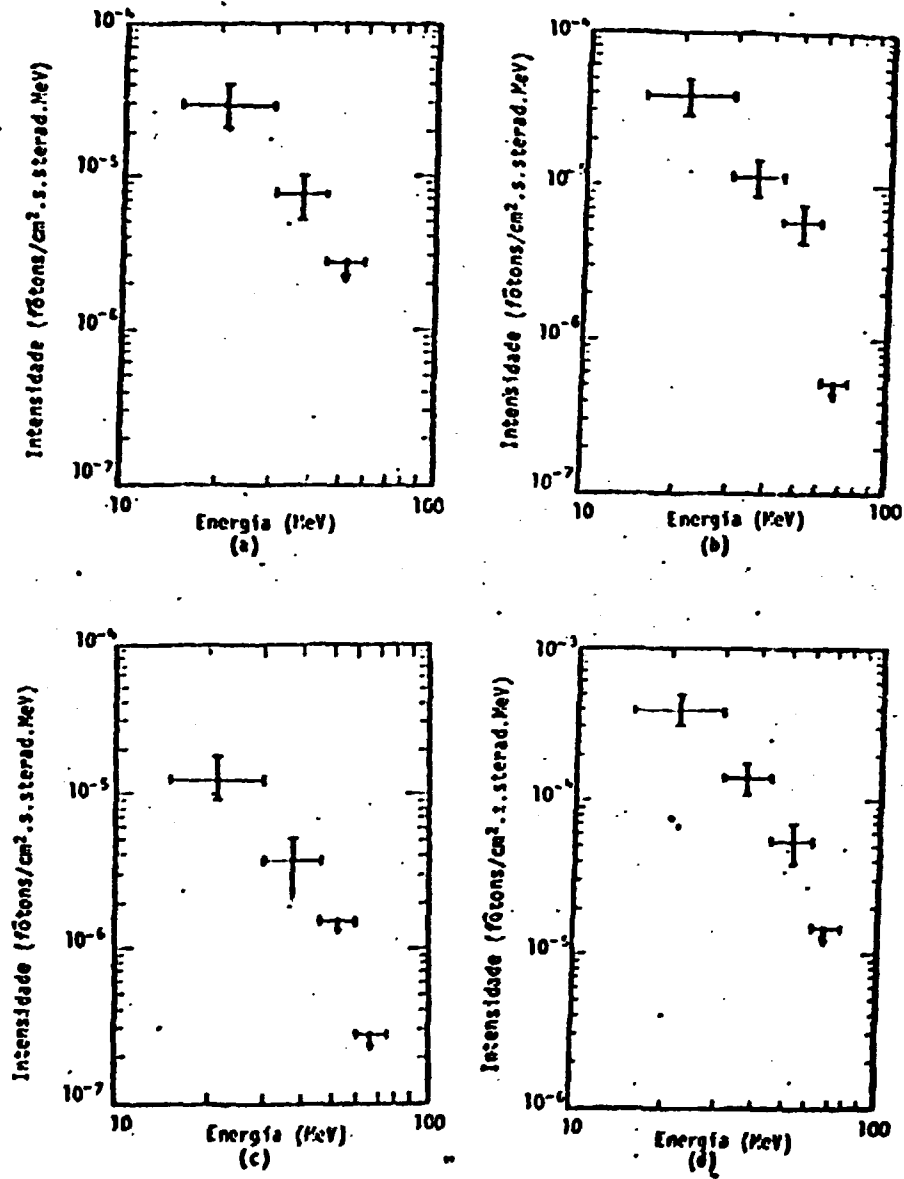


Fig. 5 - Espectro de energia da radiação gama difusa.

As curvas a, b, c e d referem-se aos intervalos $-5 \leq b^{\text{II}} \leq 5$, $5 \leq b^{\text{II}} \leq 15$, $15 \leq b^{\text{II}} \leq 25$ e $25 \leq b^{\text{II}} \leq 35$, respectivamente.

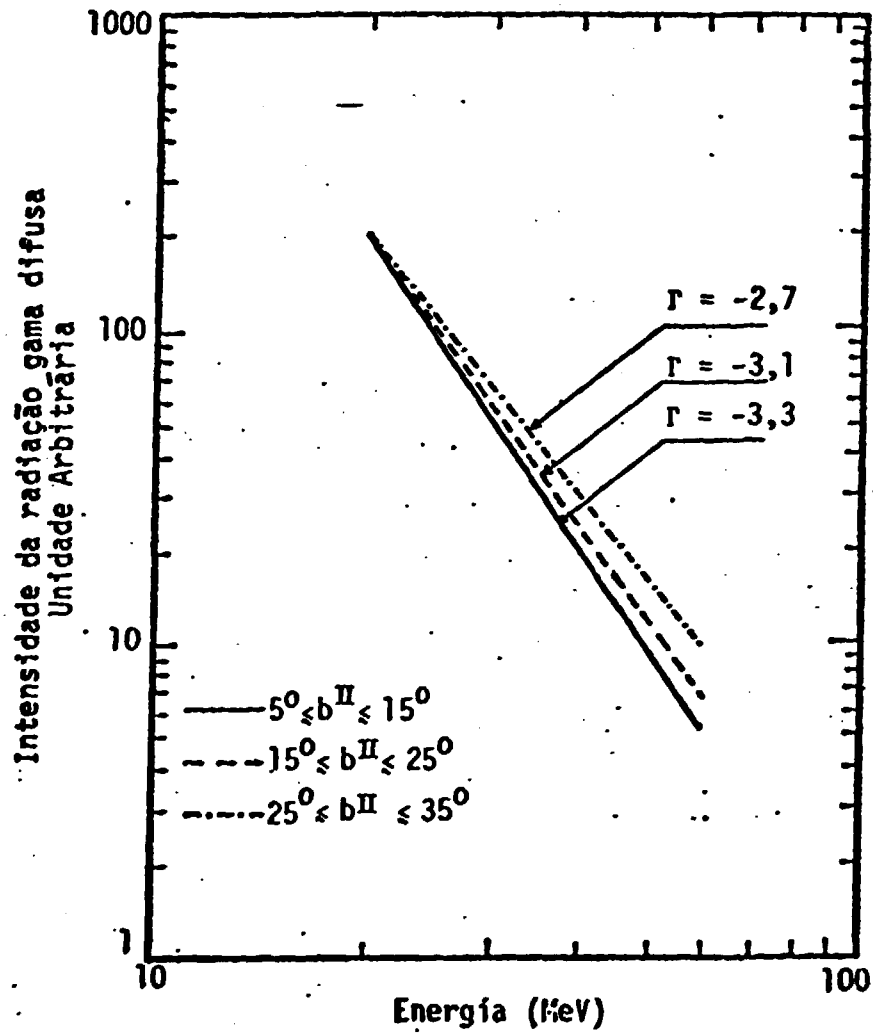


Fig. 6 - Variação da inclinação da curva espectral da radiação gama de origem difusa com a latitude galáctica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGRINIER, B.; FORICHON, M.; LERAY, J.P.; PARLIER, B.; MOJMERLE, T.; BOELLA, G.; MARACHI, L.; SACCO, B.; SCARSI, L.; DA COSTA, J.M.; PALMEIRA, R. Diffuse cosmic gamma-ray background above 20 Mev. In: INTERNATIONAL COSMIC RAY CONFERENCE, 13., Denver, CO, 1973. Conference Papers. Denver, CO, University of Denver, 1973, v.1, p. 8-13.
2. CLAVERIE, A. *Spectrométrie du rayonnement gamma (50 Mev). Application au rayonnement d'origine atmosphérique*. Tese de Doutorado em Ciência Espacial. Toulouse, Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse, 1970.
3. DANIEL, R.R.; JOSEPH, G.; LAVAKAPE, P.J. Diffuse cosmic gamma-rays observed at an equatorial balloon altitude. *Astrophysics and Space Science*, 18(1):462-467, July, 1972.
4. ESPÍRITO SANTO, C.M. do *Variação latitudinal da componente difusa da radiação gama de média energia*. Dissertação de Mestrado em Ciência Espacial. São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais, 1981.
5. EVANS, R.D. Statistical fluctuations in nuclear processes. In: ———. *The atomic nucleus*. New York, N.Y., Mc Graw-Hill, c1955. cap.26, p.746-771.
6. FICHEL, C.E.; HARTMAN, R.C.; KNIFFEN, D.A.; THOMPSON, D.J.; BIGNAMI, G.F. High energy gamma ray results from the second small astronomy satellite. *The Astrophysical Journal*, 198(1):163-182, May, 1975.

7. FICHEL, C.E.; KNIFFEN, D.A. Gamma ray astronomy. In: FRANK, B.M.; FICHEL, C.E. *High energy particles and quanta in astrophysics*. Cambridge, MIT Press, c1974, cap. 9, p. 428-434.
8. FICHEL, C.E.; SIMPSON, S.A.; THOMPSON, D.J. Diffuse gamma radiation. Greenbelt, M.D., G.S.F.C., 1977. (GSFC X-662-77-271).
9. KNIFFEN, D.A.; BERTSCH, D.L.; MORRIS, D.J.; PALMEIRA, R.A.R.; RAO, K.R. Gamma-ray astronomy in the medium energy (10-50 Mev) range. In: ESLAB SYMPOSIUM ON RECENT ADVANCES IN GAMMA-RAY ASTRONOMY, 12., Frascati, Italy, 1977. Proceedings. Paris, ESA, 1977. p. 117-124 (ESA SP124).
10. KNIFFEN, D.A.; BERTSCH, D.L.; MORRIS, D.J.; PALMEIRA, R.A.R.; RAO, K.R. Observations of medium-energy gamma-ray emission from the galactic center region. *The Astrophysical Journal*, 255(15): 591-598, Oct. 1978.
11. KRAUSHAAR, W.L.; CLARK, G.W.; GARMIRE, G.P.; BORKEN, R.; HIGBIE, P.; LEONG, V.; THORSOS, T. High energy cosmic gamma-ray observations from OSO-3 satellite. *The Astrophysical Journal*, 177(2):341-363, Oct. 1972.
12. SCHONFELDER, V.; LICHTI, G. Measurement of the diffuse primary gamma-ray spectrum in the Mev range. In: INTERNATIONAL COSMIC RAY CONFERENCE, 13., Denver, CO., 1973. Conference Papers, Denver, CO., University of Denver, 1973, v.1, p. 1-6.
13. STECKER, F.W. Diffuse cosmic gamma-rays: Present status theory and observations. *Nature; Physical Science*, 241(105):47-77, Jan, 1973.