

028818393

IEN /	COMUNICAÇÃO TÉCNICA	<small>NO</small> DEFI-01/87 <small>DATA</small> 12/11/87
-------	---------------------	--

DE
Arthur Gerbasi da Silva IEN - DEFI -- 01/87

PARA
Distribuição

ASSUNTO
Contribuição ao estudo de contaminação com ¹³⁷Cs

Resumo

Apresentamos neste trabalho o método e os resultados das medidas realizadas em Goiânia no período de 30/10 à 02/11/87 no paciente Lucimar Neves Ferreira para determinação das atividades de sua contaminação superficial, de corpo inteiro e mapeamento, usando os detectores de NaI e barreira de superfície Si-Au.

Autores:

Arthur Gerbasi da Silva
Arthur Gerbasi da Silva
Julio Cezar Suinta
Sergio Chaves Cabral

Distribuição:

- DIR
- SEPRAD
- DIFIS
- DIRAD
- DICIC
- DIEFI
- DIMAC
- DEIC
- DERE
- DQUI
- DEMA
- DINFO
- DEAT
- DIMED
- IRD/DEMIN



Contribuição ao Estudo de Contaminação com ^{137}Cs

Arthur G. da Silva, Julio C. Suita e Sergio C. Cabral.
Instituto de Engenharia Nuclear, CNEN, P.O. Box 2186
CEP 20.001 Rio de Janeiro - R.J. Brasil

Introdução

Após o lamentável acidente de Goiânia que espalhou cerca de 1,4 kCi de ^{137}Cs na cidade, os médicos dedicados ao tratamento das vítimas sentiram necessidade de dispor de um método de determinação da atividade de contaminação pelo ^{137}Cs , independente da avaliação através das fezes, urina e sangue. Havia necessidade também de se saber se a atividade contaminante estava na superfície do corpo ou no seu interior. Finalmente seria desejável que se pudesse fazer um mapeamento do corpo para encontrar possíveis pontos de concentração do radionuclídeo.

Os métodos convencionais de mapeamento do corpo inteiro usando cintilometria com gama câmara e contador de corpo inteiro não estavam disponíveis em Goiânia e possivelmente os detectores de NaI de grande eficiência usados nesses aparelhos, forneceriam uma contagem muito alta, acima das possibilidades da eletrônica associada. A possibilidade de uso de colimadores adequados à radiação gama de 662 keV, resultante do decaimento do ^{137}Cs , também foi descartada face as dificuldades encontradas. Tampouco se dispunha de um método não destrutivo de avaliação da contaminação superficial.

Convocados a estudar possibilidades de atacar esses problemas nessa emergência, e desconhecendo a literatura e os métodos usualmente empregados nessas circunstâncias, improvisamos com detectores e equipamentos de que dispunhamos uma solução utilizando as propriedades características de detectores e do decaimento do ^{137}Cs .

Os estudos de viabilidade e as medidas foram realizados no período de 28/10/87 à 02/11/87. Estes resultados preliminares poderão ser utilizados pelos especialistas em proteção radiológica como base para estudos avançados que serão adequados a satisfazer as necessidades dos médicos.

Contaminação Superficial

Para determinação da contaminação superficial, utilizamos um detector barreira de superfície Si-Au "ruggedized", capaz de funcionar à pressão atmosférica e à luz ambiente, de 500 μm de espessura da região depauperada e

150 mm² de área. Esse detector é muito pouco sensível aos raios gama de 662 keV, a radiação mais penetrante emitida no decaimento do ¹³⁷Cs, e bastante sensível às radiações menos penetrante nesse decaimento, os raios β- de energia máxima de 510 keV e os elétrons de conversão interna da transição de 662 keV. Apesar da baixa probabilidade de emissão desses elétrons (cerca de 8% dos decaimentos), por serem monoenergéticos aparecem num pico de 625 keV isolado do espectro de energia contínuo dos raios β- (93 %) emitidos por uma fonte de ¹³⁷Cs.

A figura 1 mostra o espectro de altura de pulsos obtido com o detector utilizado. A contribuição dos outros tipos de radiação emitidos no decaimento do ¹³⁷Cs, raios-X de cerca de 32 e 36 keV (< 6% e < 1,5% respectivamente) e espectros β- de energia máxima 1,2 MeV (7%), é praticamente nula.

Como o alcance dos elétrons é muito curto, cerca de 2 mm de água, podem ser usados para mostrar contaminação superficial. Isso pode ser constatado observando-se na figura 2 as mudanças que ocorrem no espectro de energia quando se interpõem várias espessuras de Al entre a fonte e o detector. Como a absorção dos raios β- é aproximada por uma exponencial, a forma do espectro β- não varia muito (energia máxima em torno do canal 115) para as espessuras utilizadas de 150, 300 e 500 μm. O mesmo não ocorre com os elétrons de conversão que tem sua absorção aproximadamente linear. Pode-se ver claramente, que o pico de elétrons de conversão se torna mais largo e se move para a região de mais baixa energia quanto mais espessa é a camada de Al atravessada, a ponto de com 500 μm a energia máxima corresponder ao canal 110. Essa diferença de comportamento possibilita a verificação da contaminação superficial até uma profundidade de cerca de 1 mm (de água) mesmo sem uma medida do espectro de energia. Todos os elétrons de energia acima do canal 120 terão sido emitidos a menos de 1 mm da superfície.

Naturalmente se a contaminação estiver distribuída ao longo dessa camada, a quantificação dessa atividade se torna mais difícil, mas, supondo-se uma distribuição uniforme da atividade, geometria paralela, e sabendo-se a lei de absorção e a eficiência do detector pode-se calcular a fração de elétrons de conversão que são detectados. A figura 3 mostra a soma de vários espectros medidos atrás das várias folhas de Al simulando uma distribuição uniforme de atividade.

Para manter a geometria das medidas constante o detector foi montado dentro de um suporte cilíndrico de Al que delimita uma área de cerca de 15 cm², e calibrado com uma fonte de ¹³⁷Cs de 15,5 μCi, resultando a calibração em 3,5 cont/seg.μCi no pico dos elétrons de conversão.

No caso estudado em Goiânia foi colocada uma janela eletrônica na região do pico da figura 1 que só é alcançada pelos elétrons de conversão interna e a contaminação superficial determinada em varios locais do corpo do paciente como mostra a Tabela 1. A contaminação superficial resulta menor do que 13 pCi/cm², em qualquer parte do corpo, mostrando a sensibilidade do método. Esse resultado porém só pode ser tomado como um limite superior porque não foi feita uma medida adicional com uma folha de Al de 1mm interposta entre o paciente e o detector. Como mostra a figura 2, os espectros correspondentes as folhas de Al de 1 mm e 2 mm, ambas mais espessas do que o alcance dos eletrons, por serem iguais, demonstram que são os raios gama de 662 keV, que são atenuados menos que 2% por 1 mm de Al, os responsáveis por essas contagens na região do espectro β^- . Esse "background", desprezível no caso de uma fonte, pode tornar-se enorme devido a grande penetração dos raios gama no caso do paciente ter uma atividade interna muito grande. A razoável correlação que existe entre as contagens na região do espectro β^- e as da região do espectro dos elétrons de conversão indicam que pelo menos parte dessas contagens é "background". Note-se também que a contagem é maior quanto maior o volume da parte medida e também quanto mais perto do músculo. Mesmo assim, se o paciente tem 1 m² de área do corpo terá no máximo 130 μ Ci na superfície, ou cerca de 3% da atividade total incorporada.

TABELA 1

Parte do corpo	Contagens na região β^-	Contagens de eletrons	Atividade na superfície(pCi)
Pé direito	1654	05	03
Pé esquerdo	1608	05	03
Perna esquerda			
frente	3685	08	08
tras	5254	10	06
Perna direita			
tras	4069	09	06
Coxa direita	7367	14	09
Coxa esquerda	8402	20	13
Abdômem infer.	9937	19	12
Externo	8146	16	10
Mão direita	2096	03	02
Mão esquerda	3060	07	04
Nariz	4835	05	03

Atividade Total

Para determinação da atividade total foi utilizado um detector de NaI 2"x2" bastante eficiente para detecção dos

raios gama de 662 keV que é a radiação mais penetrante emitida pelo ^{137}Cs . Mesmo assim, a meia espessura de atenuação de 8 cm de água é menor do que qualquer das dimensões do paciente, que já é um problema de fonte extensa, pelas suas dimensões. Além disso não se conhece a distribuição de ^{137}Cs dentro do paciente e ao que parece, cada paciente tem a sua própria. A idéia é então utilizar uma geometria tão "paralela" quanto possível sem dobrar o paciente para evitar a auto-absorção. A solução é contar o paciente a uma distância apreciável comparada com as suas dimensões, e calibrar o detector de tal maneira a manter a simetria que existe entre fonte e detector. Ou seja o cone fonte de calibração - detector deve ser o mesmo que o cone detector - paciente. Dessa forma conserva-se a eficiência intrínseca do detector e pode-se usar a relação do quadrado da distância entre as duas medidas para obter-se a eficiência total de detecção.

No caso de Goiânia o detector foi calibrado a 13,5 cm de uma fonte de 10,2 μCi e a calibração a 316 cm calculada usando a relação do quadrado da distância, resulta 7,6 cont/seg. μCi no fotopico. Uma variação de 20 cm em uma distância de 3 m acarreta um erro de 13 % na medida do ângulo sólido. O maior erro da medida pode se dar pelo desconhecimento da distribuição de ^{137}Cs no cálculo da auto-atenuação. Na falta de melhores dados supõe-se a atividade distribuída uniformemente no corpo do paciente. A tabela 2 mostra a auto-atenuação em função da espessura de água em geometria paralela. Supondo-se o paciente com 20 cm de espessura de água tem-se uma auto-atenuação de 52 %. A figura 4 mostra o espectro de amplitude de pulso do detector de NaI usado para as medidas de atividade total do paciente. A integral das contagens no fotopico corresponde a uma atividade total de 5 ± 2 mCi.

TABELA 2

Espessura (cm)	% atividade interna detectada
10	67
20	48
30	36
40	28



Uma calibração melhor talvez possa ser obtida utilizando os pacientes de Goiânia como amostragem estatística e relacionando as contagens do detector com a atividade de contaminação, obtida a partir das fezes, urina e sangue.

Mapeamento do Corpo

A possibilidade de mapeamento foi planejada com o detector de NaI e um colimador de 5 cm de espessura e 1 cm de diâmetro. Em Goiânia, sem a disponibilidade de um multicanal, não foi possível realizar as medidas.

Conclusões

Dos resultados obtidos pode-se concluir que os espectros de energia da radiação do ^{137}Cs obtidos com detectores de barreira de superfície de espessura apropriada, com e sem absorvedores de 1 mm de Al interpostos, podem ser utilizados para medir com grande sensibilidade a contaminação superficial de pacientes contaminados. A otimização da espessura do detector, geometria e o estudo detalhado dos espectros de energia após os eletrons atravessarem várias espessuras de água, poderá levar a possibilidade de deconvoluir espectros para obter a distribuição da atividade na camada superficial de cerca de 1 mm de espessura.

A medida da atividade total com detectores de NaI a grande distância também parece apropriada para avaliação com cerca de 40 % de erro. Comparações com "phantoms" poderão levar a medidas com maior exatidão.

Medidas relativas para acompanhar o progresso do paciente ao longo do tempo terão uma precisão muito maior, se a distribuição da atividade no corpo mantiver-se proporcional. Medir o paciente de frente e de costas pode também melhorar a exatidão das medidas.

Agradecimentos

A colaboração do Departamento de Instrumentação e Controle (DEIC) na preparação do equipamento eletrônico, em especial do Marcos Peres na instalação e manutenção do equipamento em Goiânia, foi de grande valia para execução das medidas.

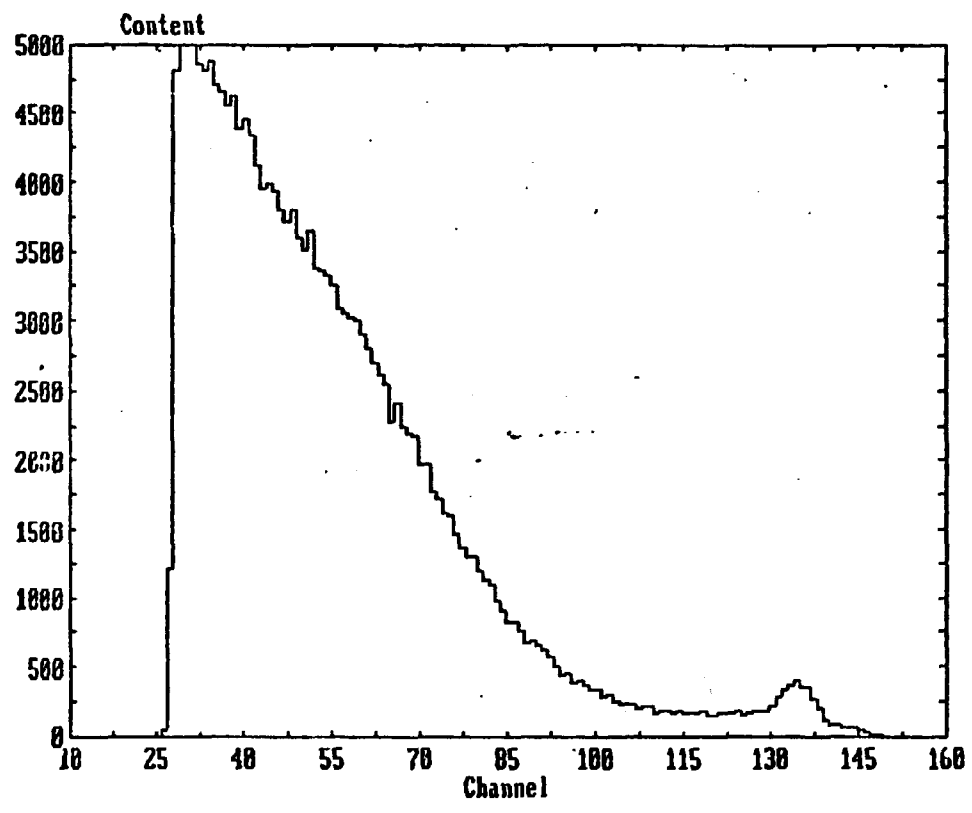


Figura 1. Espectro de altura de pulso de uma fonte de Cs-137 obtido com o detector barreira de superfície Si-Au.

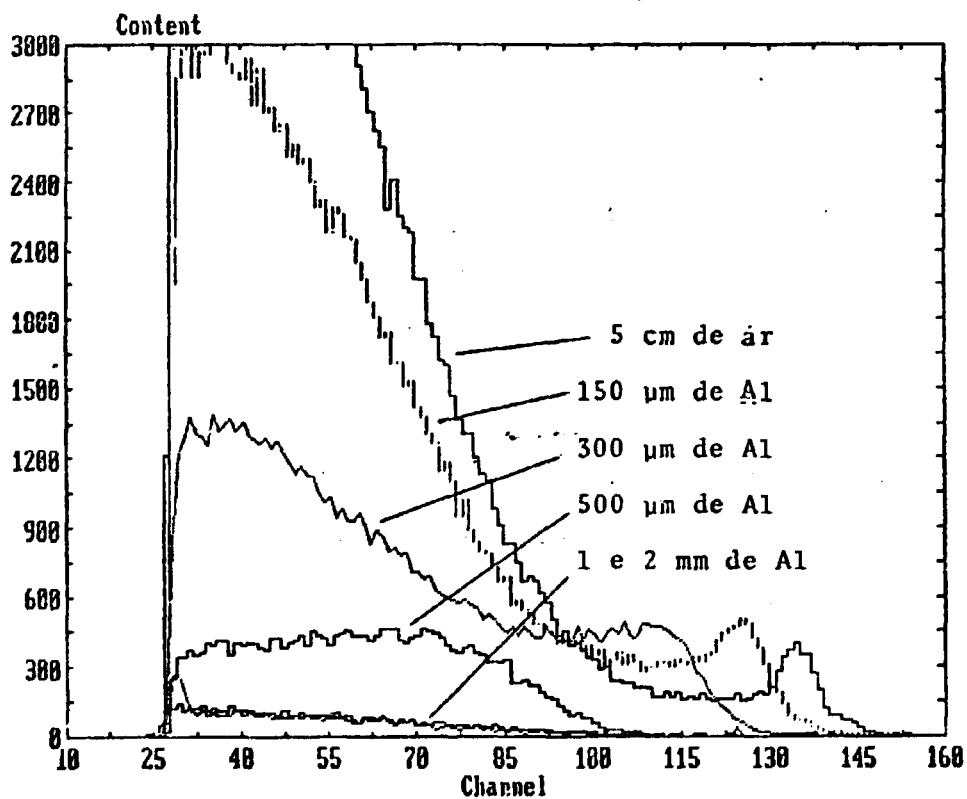


Figura 2. Espectros de energia dos eletrons de uma fonte de Cs-137 atenuados por várias espessuras de Al.

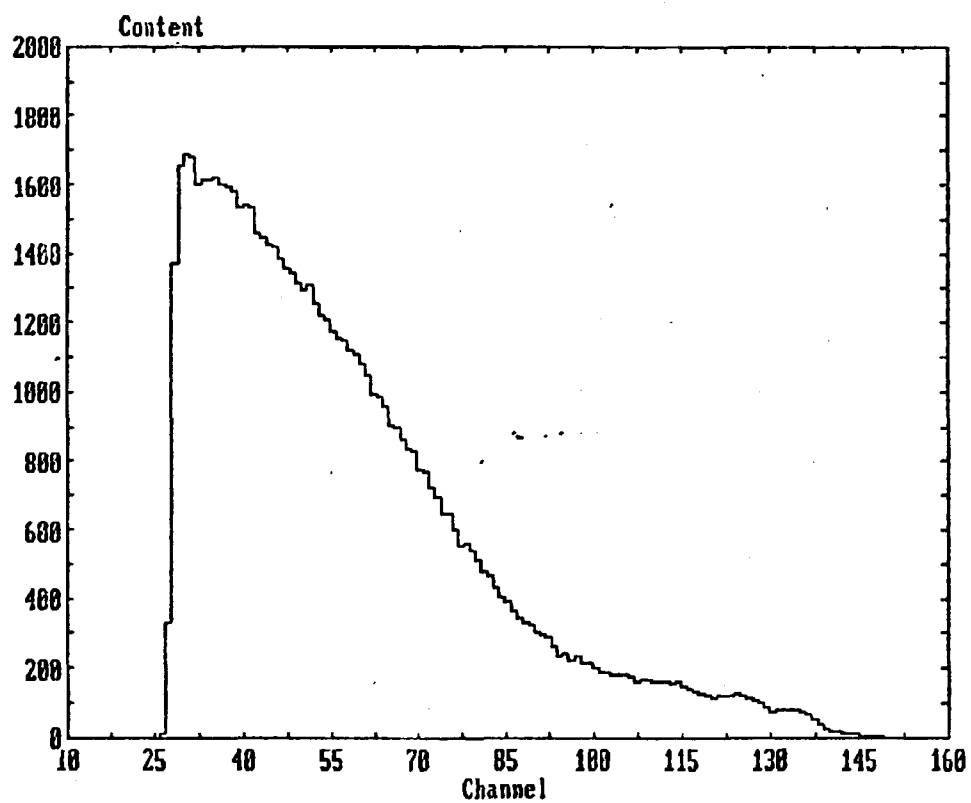


Figura 3. Soma dos espectros atenuados da figura 2 simulando uma atividade distribuida em uma espessura de 2 mm de Al.

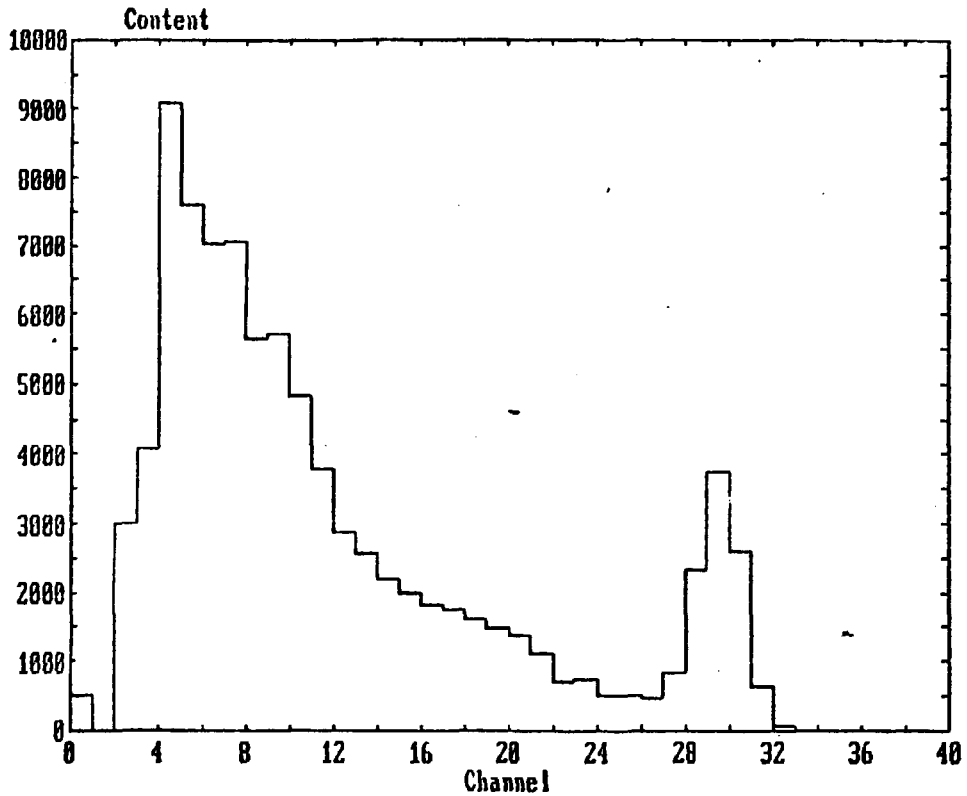


Figura 4. Espectro de amplitude de pulsos do detector de NaI usado para as medidas de atividade total do paciente.