

# DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DA EFICIÊNCIA COM A ENERGIA DA RADIÇÃO ALFA E BETA PARA UM SISTEMA COM DETETOR PROPORCIONAL A GÁS CIRCULANTE, DO TIPO PÉS E MÃOS

MÁRIO MONTEIRO MORGADO\*, MARCO ANTONIO P. V. DE MORAES\*\*.  
\*COORDENADORIA PARA PROJETOS ESPECIAIS - Av. Prof. Lineu Prestes, 2242-Cid. Universitária  
São Paulo - SP - CEP: 05508-001.  
\*\*INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES - Travessa R, 400-Cid. Universitária  
São Paulo - SP - CAIXA POSTAL 11049 - CEP: 05422-970.

## RESUMO

Apresentamos a determinação da variação das eficiências de detecção em função da energia da radiação alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ) em um sistema composto por detetores proporcionais a gás circulante, do tipo pés e mãos, destinados à monitoração de contaminação alfa ( $\alpha$ ) e beta/gama ( $\beta/\gamma$ ) simultaneamente. Este sistema destina-se à monitoração pessoal em diversas áreas laboratoriais. Neste trabalho foram utilizadas fontes radioativas emissoras alfa ( $\alpha$ ) com energias compreendidas entre 3 e 5,5 MeV e fontes emissoras beta ( $\beta$ ) puras com energias máximas compreendidas entre 150 keV e 1,5 MeV. Os resultados obtidos demonstram um sensível aumento na eficiência em função do aumento das energias alfa e beta. Diferenças de eficiência por fatores entre 2 e 4 foram obtidas nestas faixas de energias.

## INTRODUÇÃO

O objetivo do presente estudo é a verificação da variação da eficiência de um sistema detetor pés e mãos em função das energias alfa e beta incidentes. Normalmente estes sistemas são calibrados para uma única energia alfa e uma única energia beta, supondo que estas eficiências não variam acentuadamente com a energia.

Durante a realização deste trabalho utilizou-se um sistema com detetores proporcionais a gás circulante, do tipo P-10 (mistura composta por 90% de argônio e 10% de metano). Trata-se de um sistema utilizado para monitoração simultânea dos níveis de contaminação alfa e beta/gama, dos pés e das mãos, instalado em diversas áreas laboratoriais para proteção física dos usuários destes laboratórios.

O sistema é constituído por quatro detetores destinados à monitoração da palma e do dorso das mãos e dois detetores destinados à monitoração dos pés. A cada um destes detetores está associado um sistema eletrônico composto por um pré-amplificador e amplificador/discriminador tanto para alfa como para beta/gama. A alta-tensão de operação é aplicada simultaneamente a todos estes detetores. Os eventos de ionização que ocorrem nos detetores são então amplificados e discriminados por altura de pulsos e separados em sinais alfa e beta/gama, por intermédio de um circuito de anti-coincidência. Para tanto este sistema deverá estar devidamente calibrado, conforme será descrito nos itens posteriores.

Outro fato importante, são as recomendações da norma NBR 12604 [1] - Monitores e Sinalizadores de Contaminação de Pés e/ou de Mãos, que foram consideradas para a realização deste estudo. Esta norma recomenda que se deve realizar um teste de variação da resposta com a energia da radiação. Apesar disto, ocorre que não existe nenhuma especificação quanto à resposta dos monitores e sinalizadores de contaminação alfa. No caso da resposta dos monitores e sinalizadores de contaminação beta, esta norma especifica que a atividade superficial deve ser medida com uma fonte de  $^{90}\text{Sr}$  ou  $^{204}\text{Tl}$  e no mínimo, três outros emissores beta onde as energias máximas são distribuídas como se segue:

- uma < 0,4 MeV;
- uma entre 0,4 MeV e 1 MeV;
- uma > 1,0 MeV.

## CALIBRAÇÃO DO SISTEMA

A calibração do sistema é realizada tomando-se como referência um detetor das mãos e outro dos pés. Na calibração são realizados os ajustes de níveis de

discriminação, níveis de amplificação (a partir da altura de pulso de cada amplificador em cada um dos seis detetores do monitor). Também é realizado o ajuste da vazão de gás, utilizando-se para isto uma válvula tipo agulha. Os valores ajustados para este sistema em particular foram:

- alta tensão de operação: ..... 1420 V;
- ganho do pré-amplificador: .... 40;
- ganho do amplificador: ..... 50;
- discriminadores:
  - . canal alfa: ..... 500 mV<sub>DC</sub>;
  - . canal beta/gama: ..... 250 mV<sub>DC</sub>.
- fluxo de gás: ..... 30 cc/min.

Mais detalhes sobre a calibração do sistema podem ser encontrados na referência [2].

## DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Na realização deste estudo foram utilizadas quatro fontes emissoras beta e quatro fontes emissoras alfa. As fontes radioativas são finas e não-colimadas, cujas taxas de emissão superficial são conhecidas com uma exatidão compatível com aquela da medida a ser feita. Na Tabela 1 estão discriminadas as fontes emissoras beta e na Tabela 2 as fontes emissoras alfa, utilizadas no experimento.

Tabela 1 - Fontes emissoras beta, com suas respectivas características [3].

FONTE	IDENTIFICAÇÃO	ENERGIA MAXIMA (MeV)	TEMPO DE MEIA- VIDA	ATIVIDADE (Bq)	EMISSÃO EM 2 $\pi$ (epm)
$^{14}\text{C}$	S/N	0,156	5730 anos	6264	210470 $\pm$ 10524
$^{99}\text{Tc}$	S583/88	0,292	2,12E5 anos	121,17	4550 $\pm$ 227
$^{204}\text{Tl}$	S/N	0,77	3,81 anos	0,835	28 $\pm$ 3
$^{90}\text{Sr}$ -Y	90010	1,409*	27,7 anos/ 64 h	604	20294 $\pm$ 1015

Obs.: (\*) O valor desta energia é a média das energias máximas de cada radionuclídeo.

Tabela 2 - Fontes emissoras alfa, com suas respectivas características [3].

FONTE	IDENTIFICAÇÃO	ENERGIA (MeV)	TEMPO DE MEIA-VIDA	ATIVIDADE (Bq)	EMIÇÃO EM 2 $\pi$ (cpm)	INTENSIDADE RELATIVA (%)
<sup>148</sup> Gd	S/N	3,18	93 anos	2,628E3	78840 $\pm$ 1340	100
NatU	S/N	4,2/ 4,15	4,9E9 anos	38,9	1167 $\pm$ 58	77/23
<sup>230</sup> Th	103/88	4,69/ 4,62	7,54E4 anos	254,83	7650 $\pm$ 229	76,3/ 23,4
<sup>241</sup> Am	578/88	5,486/ 5,443	432,6 anos	3066,7	92000 $\pm$ 2760	85,2/ 12,8

Para este experimento, foi escolhido o detetor do pé esquerdo, pois foi o que apresentou a melhor eficiência, após a realização da calibração [4]. Este detetor possui uma área ativa de aproximadamente 503 cm<sup>2</sup>, o que representa aproximadamente 54% da sua área total. O mesmo possui ainda uma janela coberta por uma folha de mylar aluminizado com densidade superficial de 0,85 mg/cm<sup>2</sup> [5]. Sobre esta folha de mylar é colocada uma placa protetora de aço-inox com uma espessura de aproximadamente 2 milímetros, contendo furos de diâmetros de aproximadamente 1,58 centímetros, distribuídos uniformemente sobre a área ativa da janela do detetor. Para a realização deste estudo foi retirada esta placa, a fim de se minimizar o espaçamento fonte-detetor.

As fontes foram colocadas sobre o detetor, em contato direto com o mylar da janela, para evitar com isto, a realização de correções de dados, como por exemplo do tamanho da fonte e área do detetor, espessura de ar entre a fonte e detetor. Não obstante, teríamos o problema de ângulo sólido, que se formaria em cada furo da placa, e deveria ser corrigido para as partículas barradas na própria. Deste modo, a geometria usada neste estudo foi de "2 $\pi$ ", sendo a área do detetor bem maior que a área das fontes.

O procedimento para os cálculos das eficiências estão descritos na referência [1] e o valor das taxas de emissão para a geometria "2 $\pi$ " de cada uma das fontes se encontram discriminadas nas Tabelas 1 e 2.

#### RESULTADOS

Nas Tabelas 3 e 4 apresentamos os resultados das eficiências obtidas para cada fonte beta e alfa, respectivamente, com o respectivo valor de erro.

Tabela 3 - Resultados obtidos com as fontes emissoras beta.

FONTE	ENERGIA MAXIMA (MeV)	EFICIENCIA (%)
<sup>14</sup> C	0,156	30 $\pm$ 2
<sup>99</sup> Tc	0,292	69 $\pm$ 4
<sup>204</sup> Tl	0,77	76 $\pm$ 10
<sup>90</sup> SrY	1,409	85 $\pm$ 4

Tabela 4 - Resultados obtidos com as fontes emissoras alfa.

FONTES	ENERGIA (MeV)	EFICIENCIA (%)
<sup>148</sup> Gd	3,18	20 $\pm$ 1
NatU	4,2/4,15	51 $\pm$ 3
<sup>230</sup> Th	4,69/4,62	65 $\pm$ 3
<sup>241</sup> Am	5,486/5,443	81 $\pm$ 3

Nas Figuras 1 e 2, "plotamos" os resultados obtidos de acordo com as Tabelas 3 e 4.

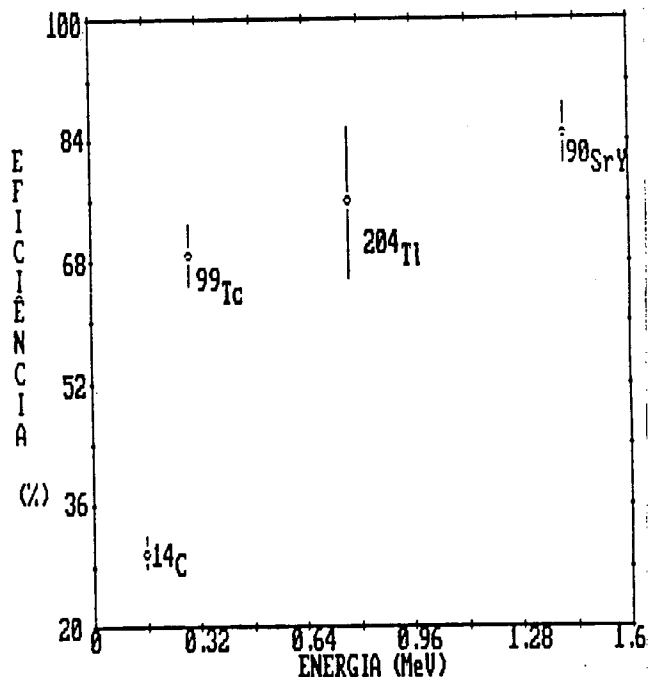


Figura 1 - Gráfico da eficiência em função da energia para fontes emissoras beta no canal beta/gama do detetor do pé esquerdo.

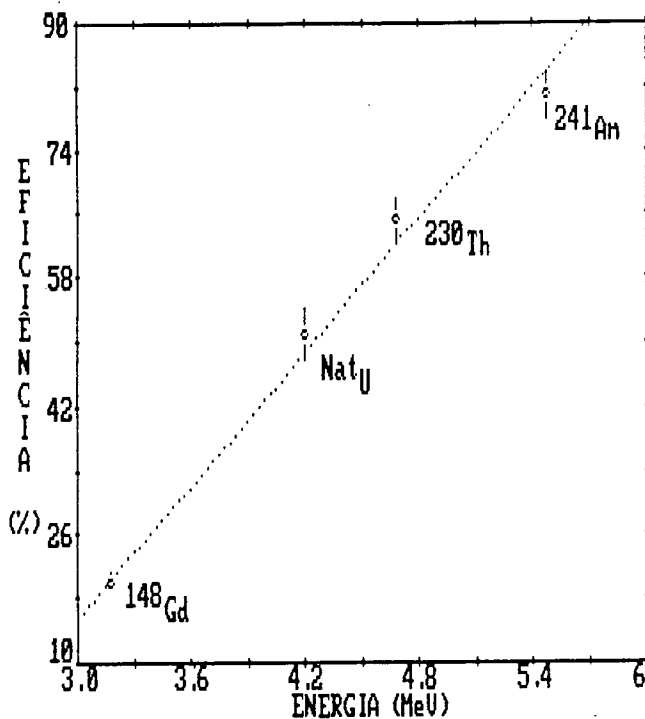


Figura 2 - Gráfico de eficiência em função da energia para fontes alfa medidas no canal alfa do detetor do pé esquerdo.

#### CONCLUSÕES

Observa-se, nestas duas figuras uma forte dependência da eficiência do detetor em função da energia da radiação. Para o caso da radiação alfa observa-se um aumento crescente linear da eficiência quando a energia varia entre aproximadamente 3 e 5,5 MeV. Nestes dois extremos as eficiências variam por um fator quatro (04).

Para o caso da radiação beta observou-se também um aumento crescente da eficiência em função da energia beta máxima, porém foi observado uma queda brusca da eficiência (duas vezes menor) próxima a 150 keV ( $^{14}\text{C}$ ), quando comparada à eficiência obtida próxima a 1,4 MeV. Um comportamento linear da variação da eficiência só pode ser ajustado a partir da energia de 300 keV em diante.

Desta forma ficou caracterizado neste trabalho que a escolha de somente uma fonte alfa e/ou beta (energias) restringe os valores das respectivas eficiências obtidas permitindo a utilização do sistema somente quando se estiver monitorando núclídeos emissores de energias próximas às utilizadas para a calibração.

Mencione-se ainda que a geometria empregada para a obtenção dos resultados presentes neste trabalho não é a geometria real de medida usada rotineiramente pelo sistema detetor, justamente pela presença da placa protetora, criando uma camada de ar entre a fonte e o detetor, além da modificação da geometria de detecção. Portanto os comportamentos da variação da eficiência em função da energia poderão ser mais diferenciados neste caso.

Conclui-se portanto que sempre que possível devem ser feitas as calibrações em eficiência alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ) dentro do intervalo energético a ser utilizado pelo usuário.

#### REFERENCIAS

- [1] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Monitores e Sinalizadores de Contaminação de Pés e/ou de Mãos. Rio de Janeiro, R.J., Abril 1992. (NBR 12604).
- [2] MORGADO, M. M.; MORAES, M. A. P. V. & FILHO, T.M. Calibração de um Sistema com Detetor Proporcional a Gás Circulante, do Tipo Pés e Mãos. In: II ENCONTRO NACIONAL DE APLICAÇÕES NUCLEARES. (Caxambu, MG, BRASIL, 25-29 de Outubro de 1993). Caxambu, ABEN, 1993, Vol. 1, p. 23-24.
- [3] KNOLL, G. F. Radiation Detection and Measurement. New York, John Wiley & Sons, 1989 (second edition), 745.
- [4] MORGADO, M. M. & MORAES, M. A. P. V. Manutenção e Calibração de um Monitor de Pés e Mãos. São Paulo, COPESP, 1992.
- [5] MANUAL TÉCNICO. Hand and Foot Monitor Technical Manual. February, 1986.

#### ABSTRACT

The alpha and beta efficiency calibrations of a gas flow detector have been performed in the energy range of 3-5.5 MeV for alpha radiation and 0.1-1.5 MeV for beta radiation. This detector is being used for laboratorial monitoring in a hand and foot monitor system. The results obtained showed a strong increase in efficiency as the alpha ( $\alpha$ ) energy or beta ( $\beta$ ) energy increase. Values of efficiency 2-4 times larger were obtained in these energy ranges.