



22 a 27 de abril de 1990

ANAIS - PROCEEDINGS

### OTIMIZAÇÃO DE BLINDAGEM PARA TRANSPORTE DE PRODUTOS DE FISSÃO

Adelia Sahyun;  
 Gian Maria A.A. Sordi;  
 Francisco Luis Biazini Filho;  
 Sandra Regina Sanches

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
 CAIXA POSTAL 11049 (PINHEIROS) - 05499 - SÃO PAULO - SP - BRASIL

#### SUMÁRIO

O cálculo da otimização da blindagem para transporte de produtos de fissão visa atender a solicitação do laboratório de produção de molibidênio-99 do IPEN-CNEN/SP. O molibidênio-99 é separado dos produtos de fissão originados na irradiação de urânio enriquecido a 93% pelo reator IEA-R1. A blindagem destina-se ao transporte de material irradiado, desde o reator IEA-R1 até o laboratório de processamento químico. Neste trabalho procura-se otimizar a espessura da blindagem e conseqüentemente o tempo de resfriamento do material irradiado, com a finalidade de se diminuir o peso da blindagem. Conseqüentemente procura-se facilitar o transporte em função de um tempo de resfriamento ótimo que não prejudique o valor da atividade total e atividade específica, exigida pelo laboratório de processamento. Este valor é função da demanda externa. Para o cálculo utilizou-se os códigos de computador ORIGEN II e ISOSHL. Nos resultados mostramos tabelas de tempo de resfriamento x espessura de blindagem, tempo de resfriamento x atividade e espessura de blindagem x atividade de onde poderemos antever qual a melhor composição para ter a máxima eficiência.

#### ABSTRACT

The calculation of shielding optimization to the transport of fission products intends to match the ask of the Mo-99 production laboratory of IPEN-CNEN/SP. The Mo-99 is separated from the fission products born in the irradiation of uranium enriched at 93% by IEA-R1 reactor. The use of shielding is destined to transport the irradiated material from the IEA-R1 reactor to the chemical processing laboratory. The goal of this paper is to optimize the shielding thickness and, as result of this to optimize the cooling time of the irradiated material to get a less weight shielding. Consequently we can facilitate the transport function os getting the optimum cooling time that does not prejudice the values of total activity and specific activity needed to match the standards required by the processing laboratory. This value is function of the external demand. The calculation were made using the computer codes ORIGEN II and ISOSHL. The results show graphics of cooling time x shielding thickness, cooling time x activity and shielding thickness x activity, on which we can foresee the best mix to get the maximum efficiency.

## I. INTRODUÇÃO

O cálculo da otimização da blindagem para transporte de produtos de fissão visa atender à solicitação do laboratório de produção de molibidênio 99 (Mo-99) do IPEN-CNEN/SP.

O Mo-99 é separado dos produtos de fissão originados na irradiação de urânio enriquecido a 93%, pelo reator IEA-R1.

A blindagem destina-se ao transporte do material irradiado, desde o reator IEA-R1 até o laboratório de processamento químico.

Neste trabalho procura-se otimizar a espessura da blindagem e consequentemente o tempo de resfriamento do material irradiado, com a finalidade de se diminuir o peso da blindagem. Consequentemente procura-se facilitar o transporte em função de um tempo de resfriamento ótimo que não prejudique o valor da atividade total e atividade específica, exigida pela laboratório de processamento. Este valor é função da demanda externa, razão pela qual o resultado será apresentado como um intervalo ótimo.

Para o cálculo utilizou-se os códigos de computador ORIGEN II e ISOSHL D.

Os parâmetros a serem analisados e avaliados são a atividade desejada, espessura da blindagem e tempo de resfriamento da amostra irradiada antes de sua colocação na blindagem para transporte.

## II. CÓDIGOS USADOS

Para a obtenção dos resultados, foram utilizados os códigos ORIGEN II e ISOSHL D.

O código ORIGEN II, a partir da composição do alvo, fluxo de nêutrons e tempo de irradiação, nos fornece a atividade total da amostra, bem como de todos os radionuclídeos presentes nela, para o final da irradiação e diferentes tempos de resfriamento.

Todos estes dados são diretamente introduzidos no programa ISOSHL D por meio de um terceiro programa de interface.

O programa ISOSHL D calcula a dose provocada por todos estes materiais radioativos num ponto de interesse.

Por se tratar de uma blindagem para transporte, as normas exigem o conhecimento das doses encostado nela e a um metro de distância. Estes foram então os pontos por nós escolhidos.

### III. SELEÇÃO DA ESPESSURA DE BLINDAGEM

A seleção da espessura de blindagem a ser utilizada foi feita considerando-se uma dose mínima ao transportador mas com peso conveniente de forma que pudesse ser transportada manualmente por carrinho ou veículos tipo Kombi ou outros, pois sabemos que esta tem uma capacidade máxima de 900 kg.

Levamos ainda em consideração que já possuímos moldes preparados de fusão de chumbo para múltiplos de 5 cm e portanto procuraríamos evitar gastos desnecessários, saindo dos moldes padrões.

Fazendo uma análise do gráfico 1, verificamos pelas curvas de decaimento de dose, que para uma mesma espessura de blindagem e para diferentes tempos de resfriamento, as doses são proporcionais, porém para diferentes espessuras de blindagem, o decaimento é mais pronunciado nos primeiros 10 cm e menos pronunciado a partir dos 20 cm.

Desta maneira resulta que qualquer blindagem a partir de 10 cm é preferível do que valores inferiores quando a curva de decaimento de dose é bem mais acentuada e que o ganho na diminuição da dose por unidade de espessura da blindagem é menor a partir do 20 cm de espessura.

Fizemos, então, um cálculo de massa para estas espessuras e os valores encontram-se na tabela a seguir:

Espessura (cm)	5	10	15	20	25
Massa (kg)	19	94	261	555	1013

Desta pode-se verificar que se quisermos o transporte manual e por veículo tipo Kombi, temos que ficar com a blindagem de 20 cm. Se a escolha é válida será ditada pela dose que o indivíduo que transporta a blindagem tomará. Se a dose for elevada, obviamente será necessário o uso de mecanismos especiais, como içamento, para o transporte por caminhão.

Do gráfico 2, a um metro de distância, vemos que as doses para 20 cm de chumbo são:

Tempo de Resfriamento (hs)	3	6	12
Taxa de Dose (mSv/h)	0,255	0,172	0,123

Como o transportador levará nesta operação cerca de 30 minutos, deverá tomar a metade deste valor por semana. Vejamos, então, qual é o melhor tempo de resfriamento.

#### IV. ESCOLHA DO TEMPO DE RESFRIAMENTO EM FUNÇÃO DA ATIVIDADE DO MOLIBIDENIO-99

O gráfico 3 nos mostra a atividade de Mo-99, a atividade total incluindo os produtos de fissão e a dose encostada à blindagem escolhida de 20 cm em função do tempo de resfriamento até 32 hs.

O gráfico 4 nos mostra a dose encostada à blindagem, a um metro de distância da mesma e para confronto, colocamos a atividade de Mo-99, que é o radioisótopo de interesse. Das curvas de dose (gráficos 3 e 4) pode-se verificar que não é interessante um resfriamento após as 12 ou 13 horas, uma vez que ambas as curvas de doses tendem a ser assintóticas. Resta agora definir qual seria o melhor tempo.

O gráfico 5 nos fornece novamente a atividade de Mo-99 versus dose num intervalo bem menor, já que sabemos que acima das 13 horas não é muito interessante.

Deste gráfico, vemos que a dose cai rapidamente, com relação ao decaimento radioativo, do Mo-99 nas primeiras 8,5 horas, depois predomina o decaimento radioativo (ponto de tangenciamento das duas curvas). Este é o tempo de decaimento ótimo.

Desta maneira, sabendo-se que tempos acima das 12 ou 13 horas de resfriamento não são convenientes, puxamos a curva de dose encostada à blindagem mostrada no gráfico 5 em direção ao eixo das horas de resfriamento, de maneira que ambas se cruzassem em 12,5 horas. Isto é apresentado no gráfico 6 e deste gráfico pode-se ver que o intervalo de resfriamento discutível em torno do valor ótimo varia de 6 horas às 12,5 horas.

Vamos agora escolher o tempo de resfriamento, dentro do intervalo proposto, em função da atividade pretendida após o processamento químico da amostra irradiada, que deverá ser algo superior a 1,85 TBq de Mo-99.

Sabe-se que o tempo total será tempo de resfriamento + tempo até o início do processamento (2 - hs) + tempo de processamento (18hs). Se considerarmos um resfriamento de 10 horas teremos estas condições uma vez que a soma dos tempos resulta em 30 horas, ou seja, temos 1,98 TBq de Mo-99 (como poder ser visto nos gráfico 3 ou 4).

#### V. DOSES ESTIMADAS PARA O TRABALHADOR

Fazendo uso dos parâmetros escolhidos, isto é, 10 horas de resfriamento e 20 cm de blindagem, verificamos do gráfico 3 que a taxa de dose encostada é 4,10 mSv/h e do gráfico 4, que a um metro de distância é 0,125 mSv/h, portanto a pessoa que efetuará o transporte, receberá 0,0625 mSv/h, daí justificar-se porque o gráfico 3 foi montado com até 32 horas resfriamento.

Se a blindagem fosse diminuída para 15 cm, sua dose encostada seria 41 mSv/h como pode ser visto do gráfico 1, fazendo uma interpolação entre as curvas de 6 e 12 horas de resfriamento e a um metro de distância 1,40 mSv/h como pode ser visto do gráfico 2, fazendo uma interpolação análoga, portanto a pessoa que efetuará o transporte tomará 0,70 mSv/h, o que é uma dose muito alta comparada com o limite derivado semanal de 1,00 mSv, uma vez que só sobriariam 0,30 mSv para as 39,5 horas de trabalho restantes para alcançar o limite máximo de dose admissível.

Pelos mesmos gráficos 1 e 2, pode-se ver que se tivéssemos escolhido a blindagem de 25 cm, teríamos uma dose de 0,40 mSv/h encostado à blindagem e 0,013 mSv/h a um metro de distância dela, portanto tomaria 6,5 uSv.

É evidente que do ponto de vista de doses estas são irrisórias e portanto seria preferível; mas, por outro lado, pelos inconvenientes expostos, a saber: transporte manual, possibilidade de uso de carro ou Kombi, comprova que a blindagem de 20 cm é a ideal.

## VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY. RSIC Computer code collection. ISOSHLD: Kernel integration code-General purpose isotope shielding analysis. Oak Ridge, Tenn., 1979. (CCC-79).

OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY. RSIC Computer code collection. ORIGEN II: Isotope generation and depletion code-Matrix exponential method. Oak Ridge, Tenn., 1982. (CCC-371).

Grafico 1 - Dose encostada

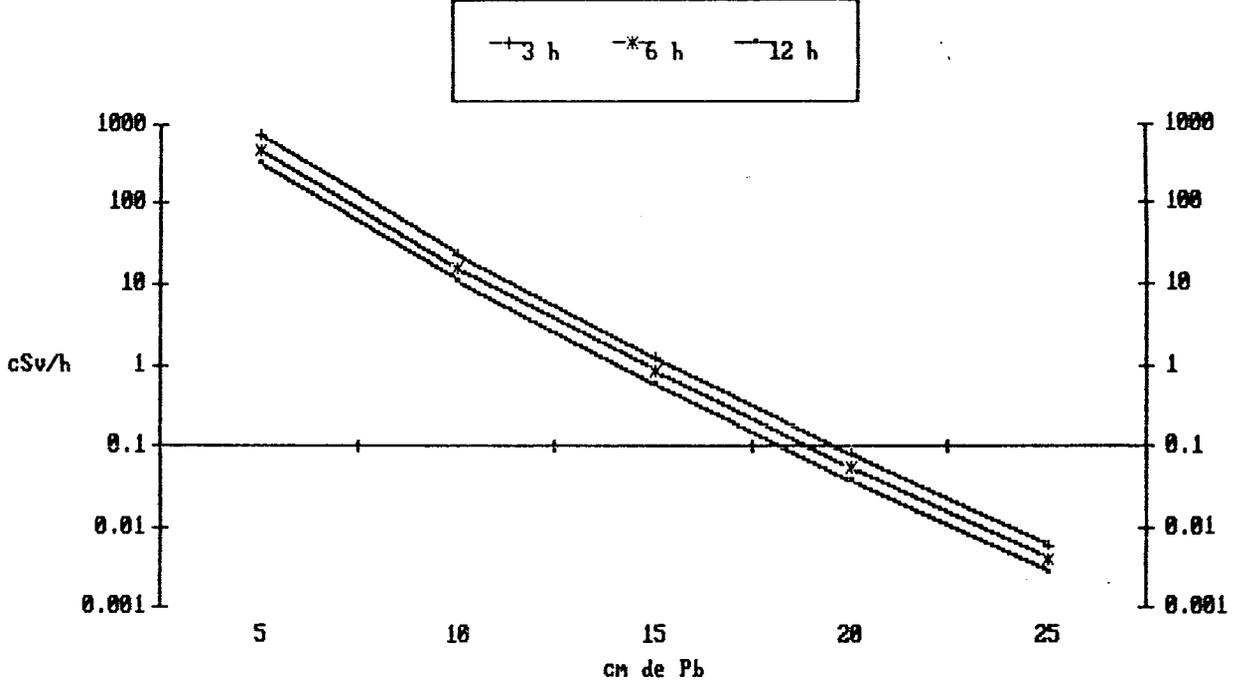


Grafico 2 - Dose a um metro

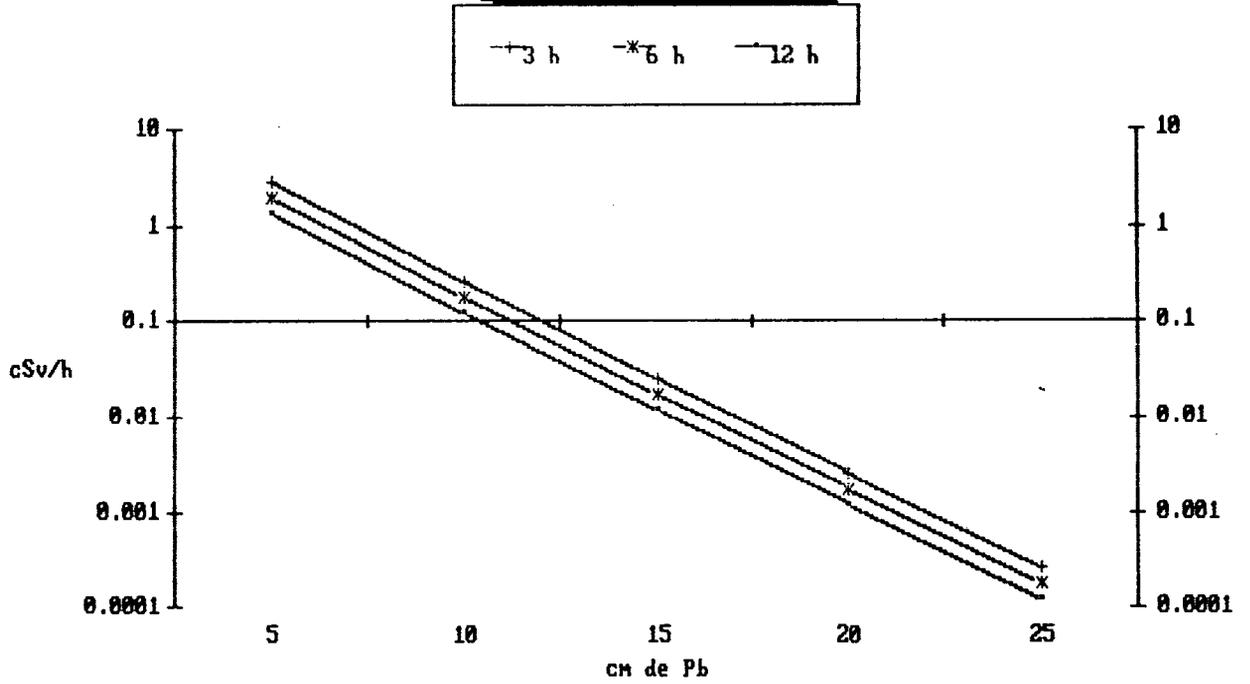


Grafico 3

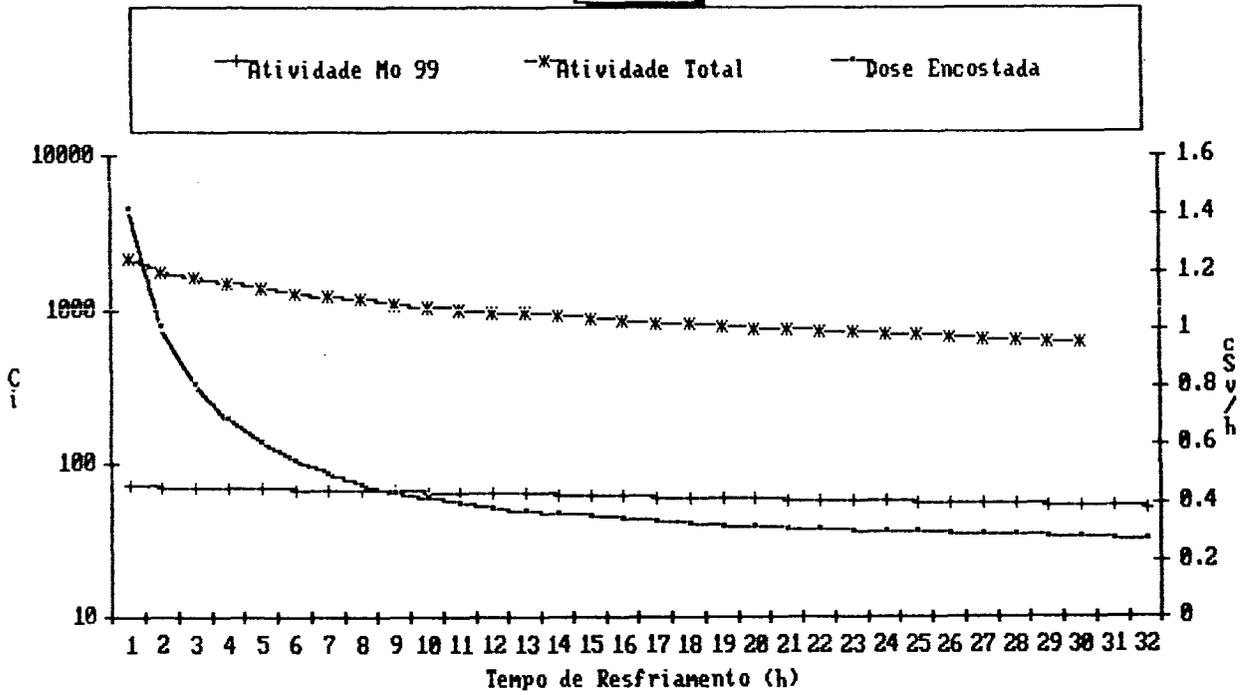


Grafico 4

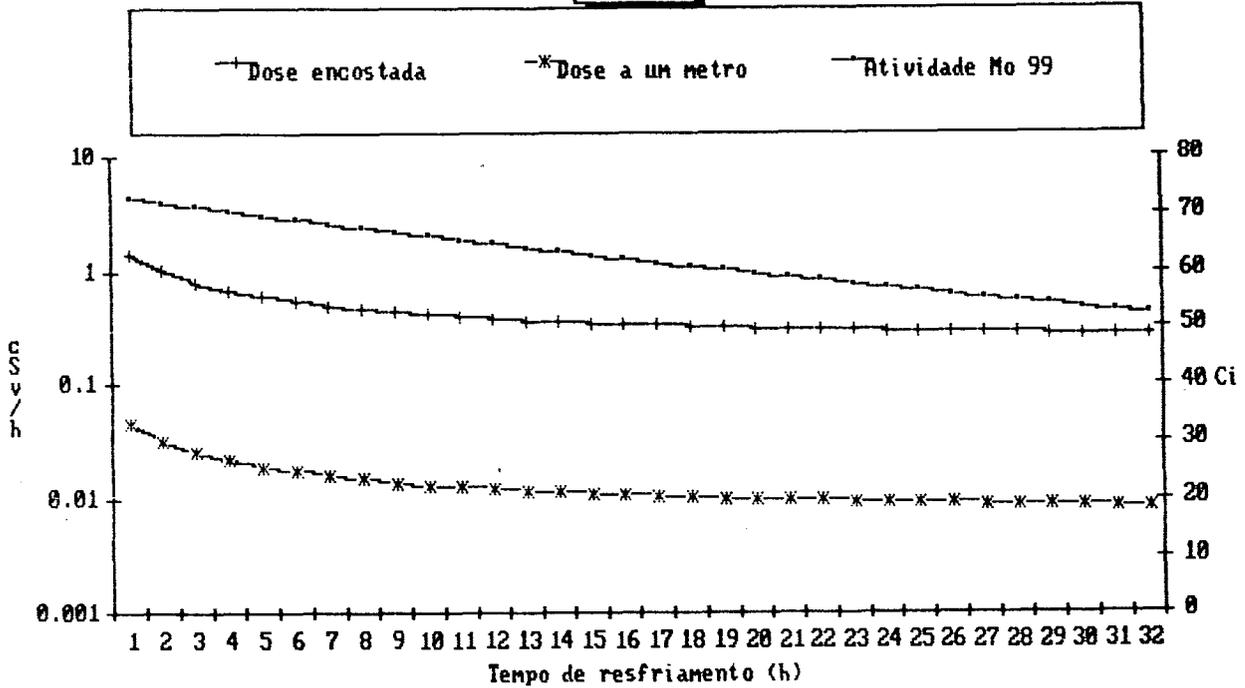


Grafico 5

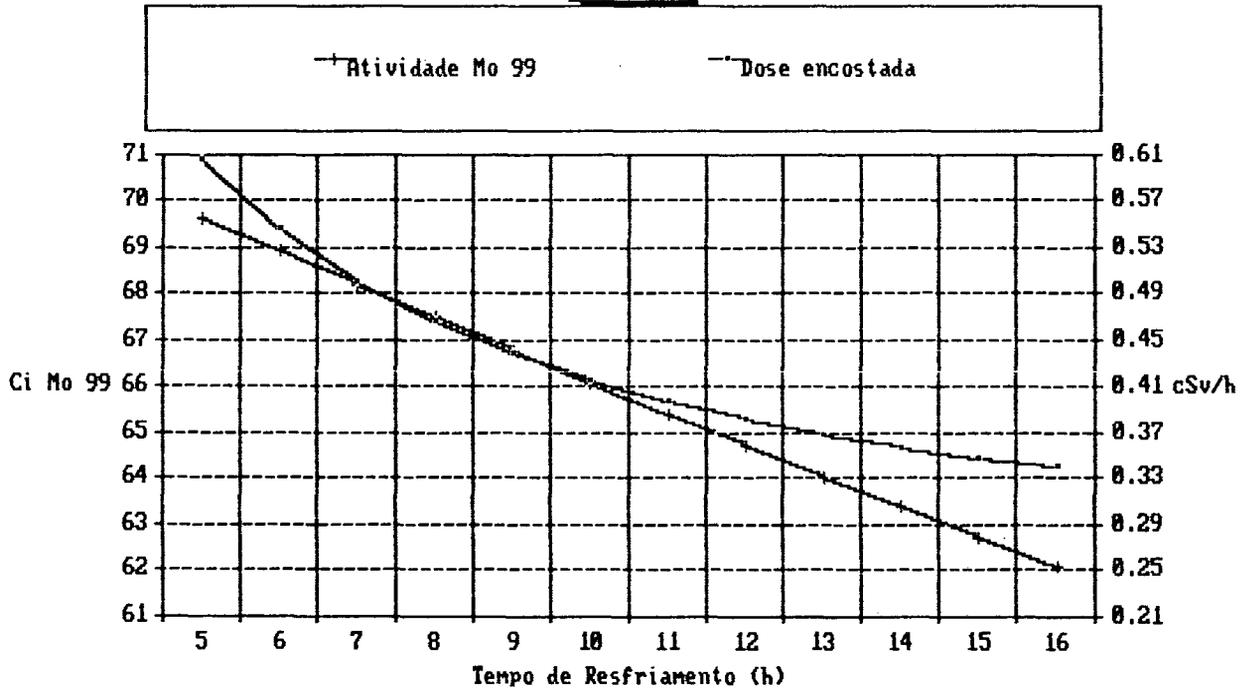


Grafico 6

