

PROJETO E AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA BLINDAGEM DO SISTEMA DE RETRATAMENTO DE ÁGUA DO REATOR IEA-R1

Margaret de Almeida Damy e Arlindo Gilson Mendonça
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN- CNEN-SP
Travessa R, número 400 - Cidade Universitária
CEP 05508-900, São Paulo, S.P.

RESUMO

Com o código de blindagem ISOSHL, foram calculadas as taxas de exposição na superfície e a várias distâncias da mesma, para diversas espessuras de blindagem de chumbo, do sistema de manuseio e troca do conjunto resina-filtro do sistema de retratamento de água do reator IEA-R1. Devido a estes cálculos, uma blindagem de 10cm de Pb foi construída para o sistema. Os resultados do levantamento radiométrico também são apresentados para antes e após a blindagem de chumbo.

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de possibilitar-se o acesso de pessoas a um dos conjuntos resina-filtro, enquanto o outro está em funcionamento do sistema de retratamento de água do reator IEA-R1. Determinou-se a espessura de chumbo necessária para a proteção aos trabalhadores envolvidos na operação do sistema, quando a potência nominal for igual a 5MW e consequentemente para a potência atual de 2MW.

A potência de 5MW foi considerada, para garantir a proteção aos trabalhadores do sistema, uma vez que cogitava-se anteriormente no instituto, um aumento de potência para este valor, e desta forma a blindagem não necessitaria ser redimensionada.

Foi dimensionada uma blindagem para o sistema de retratamento de água do reator IEA-R1, considerando o sistema em operação durante 24 horas por dia durante 15 dias a uma potência de 5MW.

Assim, foram calculadas as taxas de dose para as resinas e para os filtros separadamente, obtendo-se as dimensões das blindagens que mantêm as taxas de dose equivalentes na superfície de cada um dos aparelhos de "filtragem", no máximo a 5,0 mRem/hora.

MÉTODO DE CÁLCULO

No sistema de retratamento de água do reator IEA-R1, existem 2 tanques de aço inox de dimensões: 24" de diâmetro e 60" de altura, sendo o volume de cada tanque de aproximadamente 445 l. A quantidade de resina por tanque expressa em volume é de 260 l, sendo 130 l para a resina aniônica IRA-410 e 130 l para a resina catiônica tipo IR-120. A altura do leito de resina no tanque é de 900 mm.

Para calcular as taxas de dose e a espessura da blindagem necessária, com o código ISOSHL[1], utilizou-se o volume de 260 l e a altura da resina de 900mm.

Para o filtro de carvão ativado, o reator também possui 2 tanques de aço inox de 36" de diâmetro e 60" de altura, sendo o volume de cada tanque de 813 l. O volume de carvão ativado por tanque é de 498,38 l e a altura do carvão no tanque é de 760mm.

Tanto nas resinas quanto nos tanques de carvão ativado, foi utilizado o código de blindagem ISOSHL, que calcula em duas dimensões a atenuação da radiação através da teoria

de integração de kernel puntual, ou seja, em um ponto preferencial a taxa de dose é devida a contribuição de um grande número de fontes puntuais. A integração numérica é efetuada sobre todo o volume da fonte para obter a dose total.

Para a resina foram considerados os radionuclídeos encontrados na amostra analisada pela divisão de Monitoração Ambiental do IPEN, efetuada em 2 de novembro de 1988, além dos radionuclídeos e seus filhos que estavam na água da piscina do IEA-R1, levando-se em conta a vazão de água através do sistema, o tempo de operação e a eficiência do sistema.

Para os filtros de carvão ativado, foram considerados os radionuclídeos na forma de particulados e seus filhos (radionuclídeos provenientes do decaimento do radionuclídeo original) que estavam na água da piscina considerando, da mesma maneira que na resina, a vazão de água que passa através do sistema, o tempo de operação e a eficiência do filtro.

Atividades. Na análise de 9 amostras coletadas na água da piscina do reator entre 6 de julho e 9 de dezembro de 1988, foram encontradas as concentrações apresentadas na tabela 1.

Em novembro de 1988 foram analisadas as amostras das resinas catiônica e aniônica obtendo-se as concentrações listadas na tabela 2. A amostra foi avaliada após 13 dias de decaimento dos nuclídeos.

Tabela 1 Concentrações médias dos radionuclídeos presentes na piscina do IEA-R1

Nuclídeo	Concentração média [Bq/l]
Co-60	$2,33 \times 10^{+2}$
Na-24	$9,36 \times 10^{+3}$
I-131	$3,18 \times 10^{+1}$
Cs-137	$6,29 \times 10^{+0}$
Ar-41	$6,33 \times 10^{+3}$
Mn-56	$6,88 \times 10^{+2}$
Xe-135	$5,14 \times 10^{+1}$

Tabela 2 Concentrações dos núclídeos presentes nas resinas catiônica e aniônica

Nuclídeo	Concentração [Bq/l]
Co-60	$7,78 \times 10^4$
Zn-65	$6,19 \times 10^2$
Cs-137	$6,13 \times 10^2$
Cr-51	$4,39 \times 10^3$
Mn-54	$9,20 \times 10^1$
Ru-103	$1,32 \times 10^2$
Te-123m	$1,23 \times 10^2$

CÁLCULOS

Foram calculadas as taxas de dose para um dos conjuntos de resinas e filtros do IEA-R1. Para a resina, as atividades consideradas no ISOSHLID são as obtidas da amostra coletada pela divisão de Monitoração Ambiental acrescidas dos núclídeos contidos na água da piscina levando-se em conta a vazão de cada elemento em gramas por segundo e o tempo de processamento do sistema (15 dias de operação, 24 horas por dia)

A atividade dos radionuclídeos e de seus filhos, com o sistema operando durante 15 dias contínuos, foi calculada com o código ORIGEN-II [2].

Foram avaliados os dados do sistema de tratamento (resina) e da água do reator, pois com a análise apenas da amostra coletada da resina, as taxas de dose resultaram baixíssimas comparando-se com as medidas efetuadas pelos técnicos. Sendo necessário levar em consideração os radionuclídeos e seus precursores que haviam na piscina do reator.

Para os filtros, não foram coletadas amostras, portanto utilizou-se os núclídeos cobalto(60), manganês(56) e céscio(137) com as atividades calculadas pelo código ORIGEN-II para 15 dias contínuos de operação do sistema durante 24 horas por dia.

Resina. De acordo com a referência 3, tabela 9, a fração de material retida na resina, é diferente para as diferentes classes de radionuclídeos. A mesma fração admitida para a resina foi utilizada para os filtros. A tabela 3 mostra a fração utilizada para cada um dos radionuclídeos envolvidos.

Para calcular a quantidade de material que fica retida no sistema de tratamento de água foi utilizada a fórmula [4]:

$$w_i = \frac{[C_i] [PM]_i}{\lambda_i} \times F, \text{ onde:}$$

$[PM]_i$ = Peso Molecular (g mol) do nuclídeo i;

λ_i = Constante de decaimento do nuclídeo i;

w_i = Vazão do nuclídeo i em g/s;

$[C_i]$ = Atividade em $\eta Ci/l$;

F = Fator de correção para a atividade multiplicada pela vazão do sistema de água que é $5,3 \text{ m}^3/h$.

A vazão mássica em g/s por nuclídeo é fornecida para o ORIGEN-II, onde são calculadas as atividades finais.

Tabela 3 Fração por radionuclídeo utilizada para resina e filtro

Nuclídeo	Fração
Co-60	0,98
Na-24	0,98
I-131	0,99
Cs-137	0,50
Ar-41	0,0
Mn-56	0,98
Xe-135	0,0

Filtro. Os núclídeos presentes na água da piscina considerados para calcular as atividades de seus filhos, foram aqueles na forma de particulados e também o Cs-137. As vazões mássicas fornecidas ao ORIGEN-II foram calculadas da mesma maneira que para as resinas. As frações consideradas para a retenção nos filtros são as mesmas das resinas.

RESULTADOS

Resina. As atividades dos núclídeos e seus filhos que foram utilizadas como dados de entrada para o ISOSHLID para calcular as taxas de dose, estão na tabela 4, para o reator operando a 2MW.

Na tabela 5 são apresentadas as taxas de dose para várias distâncias da superfície da resina, sem blindagem.

Na tabela 6 são apresentadas as taxas de dose, agora considerando várias espessuras de blindagem de chumbo desde 2,5cm até 16,0cm, considerando-se a potência do reator em 2MW.

Finalmente na tabela 7 são apresentadas as taxas de dose para espessuras de blindagem também de chumbo, desde 2,5cm até 12,5cm, considerando-se a potência do reator em 5MW.

Avaliou-se também uma blindagem na parte superior da resina imediatamente após o topo da mesma. Foram consideradas 3 espessuras de chumbo; 5cm, 7,5cm e 10cm, obtendo-se as taxas de dose listadas na tabela 8.

Filtro. Na tabela 9 são mostradas as atividades dos núclídeos considerados nos cálculos de taxas de dose.

Na tabela 10 são apresentadas as taxas de dose considerando-se o reator a 5MW a várias distâncias da superfície do filtro.

Finalmente na tabela 11 são apresentadas as taxas de dose considerando-se espessuras de chumbo desde 2,5 até 15cm para a potência do reator em 5MW.

Tabela 4-Atividades consideradas à 2MW para a Resina

Nuclídeo	Atividade [Ci]
Na-24	$2,834 \times 10^{-2}$
Mn-56	$3,291 \times 10^{-3}$
Co-60	$1,227 \times 10^{-2}$
I-131	$9,037 \times 10^{-4}$
Xe-131m	$3,937 \times 10^{-6}$
Cs-137	$1,663 \times 10^{-4}$
Ba-137m	$1,532 \times 10^{-4}$
Zn-65	$4,3497 \times 10^{-6}$
Cr-51	$3,0842 \times 10^{-5}$
Mn-54	$6,4649 \times 10^{-7}$
Ru-103	$9,2757 \times 10^{-7}$
Te-123m	$8,6432 \times 10^{-4}$

Tabela 5 Taxas de dose a várias distâncias da superfície da Resina com o reator à 2MW

Distância [cm]	Taxa de dose [mRem/h]
Superfície	$7,953 \times 10^{+2}$
10	$4,242 \times 10^{+2}$
20	$2,792 \times 10^{+2}$
30	$1,984 \times 10^{+2}$
40	$1,481 \times 10^{+2}$
50	$1,146 \times 10^{+2}$
60	$9,127 \times 10^{+1}$
70	$7,432 \times 10^{+1}$
80	$6,166 \times 10^{+1}$
90	$5,196 \times 10^{+1}$
100	$4,437 \times 10^{+1}$
110	$3,831 \times 10^{+1}$

Tabela 6 Taxas de dose na superfície da blindagem para várias espessuras de blindagem de chumbo com o reator operando a 2MW

Espessura de Chumbo [cm]	Taxa de dose [mRem/h]
2,5	$1,258 \times 10^{+2}$
5,0	$2,828 \times 10^{+1}$
7,5	$7,077 \times 10^{+0}$
10,0	$1,894 \times 10^{+0}$
12,5	$5,306 \times 10^{-1}$
15,0	$1,536 \times 10^{-1}$
16,0	$9,418 \times 10^{-2}$

Tabela 7 Taxas de dose na superfície da blindagem para várias espessuras de blindagem de chumbo com o reator operando a 5MW

Espessura de chumbo [cm]	Taxa de dose [mRem/h]
2,5	$3,145 \times 10^{+2}$
5,0	$7,069 \times 10^{+1}$
7,0	$2,319 \times 10^{+1}$
8,0	$1,353 \times 10^{+1}$
9,0	$7,970 \times 10^{+0}$
10,0	$4,735 \times 10^{+0}$
11,0	$2,833 \times 10^{+0}$
12,0	$1,706 \times 10^{+0}$

Tabela 8 Blindagem no topo da Resina

Espessura de chumbo [cm]	Taxa de dose [mRem/h]
5,0	$6,849 \times 10^{+1}$
7,5	$1,956 \times 10^{+1}$
10,0	$5,795 \times 10^{+0}$

Tabela 9 Atividades consideradas à 5MW no Filtro

Nuclídeo	Atividade [Ci]
Mn-56	$8,228 \times 10^{-3}$
Co-60	$2,930 \times 10^{-2}$
Cs-137	$4,050 \times 10^{-4}$
Ba-137m	$3,830 \times 10^{-4}$

Tabela 10 Taxas de dose a várias distâncias da superfície do Filtro sem blindagem com o reator a 5MW

Distância [cm]	Taxa de dose [mRem/h]
Superfície	$3,139 \times 10^{+2}$
10	$1,790 \times 10^{+2}$
20	$1,227 \times 10^{+2}$
30	$8,993 \times 10^{+1}$
40	$6,885 \times 10^{+1}$
50	$5,446 \times 10^{+1}$
60	$4,418 \times 10^{+1}$
70	$3,658 \times 10^{+1}$
80	$3,079 \times 10^{+1}$
90	$2,629 \times 10^{+1}$
100	$2,271 \times 10^{+1}$

Tabela 11 Taxas de dose logo após a blindagem de chumbo para várias espessuras de blindagem no Filtro com o reator operando a 5MW

Espessura de chumbo [cm]	Taxa de dose [mRem/h]
2,5	$3,710 \times 10^{+1}$
5,0	$5,899 \times 10^{+0}$
7,0	$1,442 \times 10^{+0}$
8,0	$7,254 \times 10^{-1}$
9,0	$3,690 \times 10^{-1}$
10,0	$1,899 \times 10^{-1}$
11,0	$9,881 \times 10^{-2}$
12,0	$5,203 \times 10^{-2}$
12,5	$3,791 \times 10^{-2}$
13,0	$2,771 \times 10^{-2}$
13,5	$2,031 \times 10^{-2}$
14,0	$1,493 \times 10^{-2}$
15,0	$8,134 \times 10^{-3}$

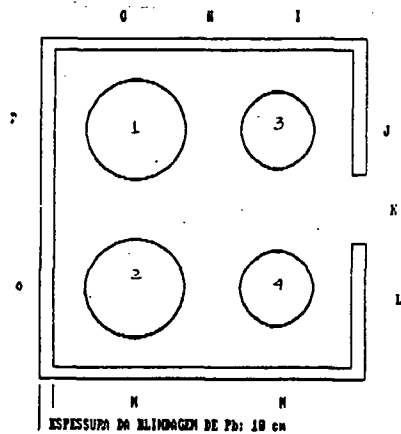
LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO

Foi efetuado um levantamento radiométrico após o sistema ter sido operado 8 horas por dia, durante quinze dias com o reator operando a 2MW de potência. Não foi possível efetuar-se os cálculos para estas condições de operação, haja visto que este levantamento foi efetuado recentemente, portanto não nos possibilitando a comparação dos resultados calculados com o levantamento radiométrico. Este recálculo está sendo efetuado e será apresentado em trabalhos futuros.

Entretanto, pode-se observar do levantamento radiométrico a efetividade da blindagem, através da comparação das taxas de dose anteriores e posteriores à mesma.

Na figura 1 apresenta-se um desenho esquemático do sistema de tratamento de água, com a blindagem de chumbo ao redor do mesmo.

De acordo com esta configuração, efetuou-se o levantamento radiométrico ao redor da blindagem, onde as taxas de dose estão apresentadas na tabela 12.



1 e 2 - Vasos com carvão ativo
3 e 4 - Vasos com as resinas catiônica e aniônica

Figura 1 Sistema de retratamento de água do IEA-R1

Tabela 12-Levantamento radiométrico no porão do reator IEA-R1 em 20-01-92 -

Pontos	Taxas de Dose antes da blindagem	Taxas de Dose após a blindagem
G	40,0	0,3
H	35,0	0,1
I	35,0	0,1
J	25,0	0,2
K	40,0	40,0
L	25,0	0,2
M	40,0	0,1
N	100,0	0,1
O	100,0	0,1
P	75,0	0,1

CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo determinar as taxas de dose equivalente com e sem blindagem no sistema de retratamento de água do reator do IPEN e, com isso, mostrar a necessidade de construir uma blindagem em torno desse sistema, evitando, dessa forma, que os trabalhadores que manipulam o chaveamento das válvulas do sistema de retratamento de água do reator do IPEN estivessem submetidos à exposições desnecessárias, quando da operação de retrolavagem das resinas do sistema.

Analisando-se as tabelas de taxas de dose equivalente, pode-se concluir que uma espessura de chumbo de 10cm reduz a taxa de dose para 1,9 mRem/hora, valor este abaixo dos limites primários para trabalhadores. Dessa forma recomendou-se que fosse confeccionada uma blindagem de chumbo de 10cm de espessura ao redor do sistema de tratamento de água do reator IEA-R1. A efetividade desta blindagem é mostrada na tabela 12, onde verifica-se que nos pontos protegidos pela blindagem a taxa de dose equivalente foi drasticamente reduzida, chegando em alguns pontos essa redução a um fator de 1000.

REFERÊNCIAS

[1] ENGEL, R.L., GREENBERG, J., HENDRICKSON, N.M. ISOSHLD- A Computer Code for General Purpose Isotope Shielding Analysis Jun- 1966.

[2]CROFF, A. G. ORIGEN2.1 Isotope Generation and Depletion Code. CCC-371 RSIC, 1991.

[3]American National Standart - Radioactive Source Term for Normal Operation of Light Water Reactors ANSI/ANS 18.1, 1984.

[4]GIRALDELLI, M.A, SANTOS, A.. Identificação dos Íons Retidos nas Resinas - Grau Nuclear 2ª Fase Relatório interno do IPEN R320230039.

ABSTRACT

By means of the shielding computer code ISOSHLD, exposition rates were calculated at the surface and at several distances from the surface of the set ion- exchange resins-filter system of the water treatment of IEA-R1 reactor, without shielding and for several thicknesses of lead. According to the calculations, a 10 cm lead shielding was built for the system. The results of the radiometric measurements before and after the construction of the shielding system are presented.