



CONGRESSO GERAL DE ENERGIA NUCLEAR

24 A 29 DE ABRIL DE 1988

ANAIS - PROCEEDINGS

AVALIAÇÃO DA DOSE INTERNA DE TRABALHADORES ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS PARA FINS MÉDICOS

Regina Borges Prestes Cesar

Carlos Henrique de Mesquita

Departamento de Proteção Radiológica

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN

São Paulo

SUMÁRIO

Avalia-se os níveis de dose interna dos trabalhadores do IPEN envolvidos na produção de radioisótopos e radiofármacos para fins médicos. Nessa produção, os trabalhadores foram agrupados em seis equipes, a saber: Pesquisa e desenvolvimento, produção rotineira, controle de qualidade, embalagem, proteção radiológica e manutenção. A dose interna foi avaliada segundo modelos descritos pela ICRP-30, a partir de resultados obtidos em monitorações realizadas num contador de corpo inteiro. Relata-se resultados de 970 monitorações efetuadas em um período de três anos (1985 a 1987).

ABSTRACT

INTERNAL DOSIMETRY FROM IPEN WORKERS INVOLVED IN THE MEDICAL RADIOISOTOPES PRODUCTION.

The internal dose from IPEN workers involved in the medical radioisotopes products is related. In the workers population, six groups were classified: development and research, routine production, quality control, package, radioprotection supervision and maintenance. The internal doses were calculated according to the methodology described by the ICRP-30, using results from a whole-body counter. The results described were obtained from 970 whole-body radioactivity measurements during the last three years (1985 a 1987).

INTRODUÇÃO

Atualmente, é de reconhecimento da comunidade científica a importante contribuição dos radioisótopos junto às aplicações de natureza radiodiagnóstica médica. Milhares de pessoas beneficiam-se por dia de resultados laboratoriais que utilizam radioisótopos.

O IPEN-CNEN/SP é responsável pela fabricação de vários produtos de uso na medicina nuclear. Basicamente, os radioisótopos utilizados são: ^{131}I , ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{51}Cr , ^{42}K , ^{24}Na , ^{198}Au , ^{32}P , ^{35}S , ^{45}Ca . Com estes radioisótopos são manufaturados 32 sub-produtos, conforme relação fornecida pelo IPEN.

Nesta produção está envolvida radioatividade da ordem de $2 \times 10^{13} \text{Bq}$ (700Ci) por mês. Os radioisótopos ^{131}I e $^{99\text{m}}\text{Tc}$ são responsáveis pela maior demanda. Estimava-se que com esses produtos são realizados cerca de 50 mil exames mensais no Brasil.

O pessoal envolvido nesta produção é periodicamente monitorado com a finalidade de se avaliar as condições de salubridade radiológica. No programa de monitoração consta a medida de dose recebida externamente, usando-se para isto dosímetros fotográficos. Paralelamente são realizadas monitorações de radiação de corpo inteiro visando avaliar eventuais contaminações de natureza interna.

O propósito deste trabalho é avaliar o custo social, visto pelo enfoque radiológico, da produção dessas substâncias radioativas voltadas para fins médicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

As monitorações de radiação provenientes da contaminação interna (inalação, ingestão e absorção) foram mensuradas utilizando-se um Contador de Corpo Inteiro (CCI), instalado no IPEN-CNEN/SP, constituído de um detetor cilíndrico de $\text{NaI}(\text{Tl})$ de $20 \times 8 \text{cm}$, acondicionado dentro de uma sala de $3 \times 3 \times 3 \text{m}^3$ com paredes de espessura de 12.5 cm de aço de baixa radiação de fundo e revestidas internamente com 3mm de chumbo de 5mm de cádmio. Os dados provenientes do detetor foram acumulados em um analisador tipo multicanal marca Norland, modelo 5400, configurado com analisador analógico-digital Norland modelo 5410. Para cada monitoração os dados colhidos do analisador multicanal foram transferidos para um microcomputador que processava os resultados. As "contagens" provenientes do analisador multicanal foram normalizadas no tempo (transformadas em (*) A atividade manipulada é da ordem de 700Ci, enquanto ao final da produção, a efetiva é da ordem de 300Ci.

contagens/minuto), subtraídas de um espectro de radiação de fundo que levava em conta a radiação natural contida no trabalhador, usando-se medidas de indivíduos não contaminados com parâmetros antropométricos semelhantes. A seguir, quando se constatava algum nível de contaminação, o programa computacional integrava a área do fotopico e dividia esse resultado pela eficiência geométrica de contagem e pela fração de emissão do fóton ("yield" do fóton) no processo de desintegração.

Na avaliação da dose comprometida foram adotados os critérios estabelecidos pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP, publicação nº 30).

Na ocorrência de uma contaminação interna pressupôs-se que a curva de retenção corpórea seguisse uma função exponencial do tipo:

$$R(t) = \sum_{i=1}^n a_i \exp(-\alpha_i t)$$

onde a_i e α_i são parâmetros próprios de cada radionuclídeo e t é o tempo decorrido após a incorporação ("intake"). A dose comprometida é estimada mediante o uso da expressão:

$$D(\text{mSv}) = \frac{\text{CCI}(\text{Bq}) \times \text{Fd}(\text{mSv/Bq})}{R(t)}$$

onde CCI é o resultado da medida de corpo inteiro, $R(t)$ é a estimativa da fração retida no dia "t" após a incorporação e Fd é o fator de dose. A tabela 1 mostra os valores de a_i , α_i e Fd para os radioisótopos encontrados como contaminantes neste trabalho.

TABELA 1 - PARÂMETROS DE RETENÇÃO CORPÓREA

Radioisótopo	a_1/α_1	a_2/α_2	a_3/α_3	a_4/α_4	Fd(mSv/Bq)
^{131}I	0,99/0,10	0,70/2,77	-0,035/0,60	0,34/0,0061	$2,5 \times 10^{-8}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0,040/1,39	0,72/0,43	0,19/0,19	0,048/0,032	$8,3 \times 10^{-12}$
^{99}Mo	0,10/0,69	0,90/0,014			$5,0 \times 10^{-10}$

Nos casos da ocorrência de nova contaminação foi considerada uma retroprojeção das incorporações anteriores à medida e devidamente descontados. A tabela 2 mostra um exemplo típico desses resultados.

TABELA 2 - EXEMPLO DE CÁLCULOS CONSIDERANDO NOVAS CONTAMINAÇÕES

DATA C.C-I	DATA Intake	Monitoracao C.C-I	Intake Liq. (Bq)	DOSE COMPROMETIDA (mSv) CORPO TODO
12/05/87	11/05/87	28324 (	89695)	2.24
19/05/87	18/05/87	15608 (	3041)	0.08
26/05/87	25/05/87	41313 (	104332)	2.61
02/06/87	01/06/87	12396 (	0)	0.00
09/06/87	09/06/87	11151 (	617)	0.02
Valores Acumulados.....			(197685)	4.94
Referencia p/ 131-I (Classe D)		Dose Comprometida no Corpo Todo = 50 mSv/ano Limite de Intake Anual (LIA) = 2.000.000		

A equipe de funcionários monitorados neste trabalho foi subdividida em seis grupos, conforme tabela 3.

TABELA 3 - NÚMEROS DE FUNCIONÁRIOS POR TIPO DE TRABALHO

GRUPO ANO	PRODUÇÃO	EMBALAGEM	CONTROLE QUALIDADE	PROTEÇÃO	PESQUISA E DESENVOLVIM.	MANUTENÇÃO	TOTAL
1985	19	7	8	5	13	1	53
1986	17	8	10	5	9	1	50
1987	17	7	9	4	13	1	51

Durante o período considerado foram realizadas 970 monitorações da equipe relatada neste trabalho. As monitorações foram realizadas semanalmente com certa irregularidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 4, 5 e 6 reúnem os resultados de dose das equipes de trabalho referentes aos anos de 1985 a 1987. Nestas tabelas os resultados estão expressos na forma de dose máxima individual e dose média e desvio padrão de cada grupo. Como se infere destas tabelas, somente os radioisótopos ^{131}I , ^{99}mTc e ^{99}Mo apresentaram níveis mensuráveis. Por esses resultados podemos concluir que todas as doses individuais mantiveram-se abaixo do limite estocástico máximo permitido, que é de 50 mSv/ano. Provavelmente esses níveis foram mantidos graças a segurança dos sistemas de proteção envolvidos, como por exemplo, a utilização de células de processamento, conforme figura 1.

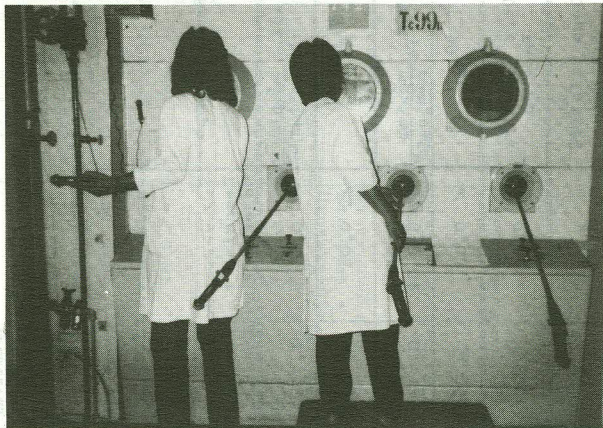


Figura 1 - Célula de processamento típica disponível na produção do IPEN-CNEN/SÃO PAULO. Nessas células dispõe-se de sistema interno de exaustão constituído por filtros absorvedores. O manuseio do material radioativo é feito por meio de pinças.

Os elementos radioativos que produziram maior dose interna foram o ^{131}I e o $^{99\text{m}}\text{Tc}$ com predominância do ^{131}I . Na produção do IPEN as atividades com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ são da ordem de 10^{13} Bq/mês (250Ci/mês) contra 10^{12} Bq/mês (25Ci/mês) do ^{131}I . Por outro lado, conforme as tabelas 4, 5 e 6, as doses individuais sugerem que o ^{131}I apresenta maior taxa de risco de trabalho. O limite de incorporação ("intake") para o ^{131}I , por via respiratória, é de 2×10^6 Bq/ano, enquanto o limite para o $^{99\text{m}}\text{Tc}$ é 6×10^9 Bq/ano. Com isto, pode-se inferir que o ^{131}I é 3 mil vezes mais radiotóxico do que o $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Isto se deve às características metabólicas desses elementos e ao fato do ^{131}I ser um emissor beta-gama, enquanto o $^{99\text{m}}\text{Tc}$ é um emissor gama puro. Por essas razões as doses internas relativas ao $^{99\text{m}}\text{Tc}$ em relação ao ^{131}I são muito menores.

Dentre os grupos, o que recebeu maior nível de dose foi o da "produção", tanto a nível individual como coletivo. Por outro lado, a equipe que submeteu à menor exposição foi a da manutenção, seguida pela de pesquisa e desenvolvimento.

Considerando-se a razão entre as doses coletivas interna e externa, por

TABELA 4 - Resultados da dose comprometida para os seis grupos de trabalho. Nos casos de doses significativas expressa-se o nível máximo alcançado por trabalhadores no grupo, o valor médio e desvio padrão.

Radioisótopo	DOSE COMPROMETIDA EM 1985 (mSv/ano)						
	T I P O D E T R A B A L H O (G R U P O S)						
	Pesquisa e Desenvolvi- m.	Produção Rotineira	Controle de Qualidade	Embalagem	Proteção	Manutenção	
^{131}I máxima média+DP	0,65 0,65	4,88 1,77+1,71	2,64 2,64	0,46 0,24+0,16	3,20 1,74+0,99	2,93 2,93	
^{51}Cr	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
^{99m}Tc máxima média+DP	0,05 0,03+0,02	4,19 0,61+1,58	0,16 0,05+0,04	0,09 0,04+0,04	0,03 0,02+0,09	0,01 0,01	
^{99}Mo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Dose Coletiva Interna	0,70	32,66	2,80	1,13	7,06	2,94	
Dose Coletiva Externa	5,22	84,07	10,74	40,05	30,98	2,54	

TABELA 5 - Resultados da dose comprometida para os seis grupos de trabalho. Nos casos de doses significativas expressa-se o nível máximo alcançado por trabalhadores no grupo, o valor médio e desvio padrão.

Radioisótopo	TIPO DE TRABALHO (GRUPOS)						
	DOSE COMPROMETIDA EM 1986 (mSv/ano)	Desenvolvim. e Pesquisa	Produção Rotineira	Controle de Qualidade	Embalagem	Proteção	Maintenance
131I máxima média±DP	0,15	0,88	< 0,01	0,26	1,49	< 0,01	< 0,01
51Cr	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
99mTc	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
99Mo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dose Coletiva Interna	0,15	3,08	< 0,01	0,26	1,85	< 0,01	< 0,01
Dose Coletiva Externa	13,46	128,33	12,33	55,68	48,22	2,5	

TABELA 6 - Resultados da dose comprometida para os seis grupos de trabalho. Nos casos de doses significativas expressa-se o nível máximo alcançado por trabalhadores no grupo, o valor médio e desvio padrão.

Radioisótopo		T I P O D E T R A B A L H O (G R U P O S)					
		Pesquisa e Desenvolvi- mento	Produção Rotineira	Controle de Qualidade	Embalagem	Proteção	Manutenção
131 I	máxima	1,68	6,75	0,74	1,18	0,08	0,68
	médias±DP	1,68	2,17±2,59	0,74	0,59±0,52	0,08	0,68
51 Cr		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
99m Tc	máxima	< 0,01	0,08	< 0,01	< 0,01	0,08	< 0,01
	médias±DP	< 0,01	0,03±0,04	< 0,01	< 0,01	0,05±0,05	< 0,01
99 Mo	máxima	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	médias±DP	< 0,01	0,02±0,008	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dose Coletiva Interna		1,68	19,77	0,74	1,78	0,17	0,68
Dose Coletiva Externa		2,80	41,62	6,79	29,66	4,64	< 0,01

grupo, constatou-se que o pessoal da embalagem recebe relativamente maior componente de dose externa, o que é razoável, pois em geral não entram em contacto direto com o material radioativo.

O grupo envolvido na manutenção das células de processamento apresentou relativamente maior componente de dose interna do que externa. Interpretamos esta ocorrência sugerindo que neste tipo de trabalho o pessoal envolvido não se expõe à radiação, gama de fontes intensas, pois ao trabalharem nas células de processamento, tais fontes não estão presentes, ou se estão, permanecem blindadas.

A equipe de desenvolvimento e pesquisa recebeu relativamente baixo nível de dose. Isto pode ser explicado levando-se em conta a esporadicidade no manuseio de fontes radioativas e porque na maioria das vezes manipulam fontes de baixa atividade.

O grupo da supervisão de proteção radiológica, naquele ambiente de trabalho, recebeu durante os anos de 85 e 86 doses relativamente altas para o tipo de trabalho realizado, pois não manipulavam material radioativo diretamente. Já durante o ano de 1987 (janeiro e agosto) verificou-se uma sensível diminuição nesses valores, que julgamos ser consequência da rotina de monitoração, estar sendo aprimorada e sofrendo processos de constantes reavaliações ("feedbacks").

A análise dos resultados de dose do pessoal do controle de qualidade é semelhante ao grupo da pesquisa, pois na maioria das vezes não manipulam fontes de atividades altas, embora permaneçam com tarefas rotineiras, o que não ocorre com o grupo de pesquisa.

O nível de contaminação interna observado no período analisado indica que as condições de trabalho, para qualquer um dos grupos permaneceu dentro dos critérios de segurança estabelecidos pela ICRP. Levando-se em conta os benefícios médicos obtidos com os produtos do IPEN-CNEN/SP e considerando-se que as doses máximas individuais estão muito aquém do limite preconizado pelas normas internacionais, infere-se que a relação custo benefício seja positiva, segundo o enfoque radiológico.

Os autores agradecem a B.Sc. Maura Vieira Barbosa, do Laboratório de Dosimetria Fotográfica, a gentileza de ter cedido os dados referentes a dosimetria externa.

BIBLIOGRAFIA

ICRP publication 30 - 1981, "Limits for Intakes of Radionuclides by Workers", International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press.