



CNEN/SP

ipen *Instituto de Pesquisas
Energeticas e Nucleares*

GOVERNO DO BRASIL

**DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS TRABALHADORES
DO IPEN/CNEN-SP**

Terezinha Ferreira Lima DALTRO e Letícia Lucente CAMPOS

IPEN Pub-370

MAIO/1992

SÃO PAULO

DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS TRABALHADORES DO IPEN/CNEN-SP

Teresinha Ferreira Lima DALTRIO e Letícia Lucente CAMPOS

SERVIÇO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

C65 00

PERSONNEL
RADIATION MONITORING
DOSE EQUIVALENTS

IPEN Doc-4342

Aprovado para publicação em 08/04/92

Nota: A redação, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade do(s) autor(es)

DOSE EQUIVALENTE MEDIA ANUAL DOS TRABALHADORES
DO IPEN/CNEN-SP

Teresinha Ferreira Lima DALTRO
e Leticia Lucente CAMPOS

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR SP
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Caixa Postal 11049 Pinheiros
05499 São Paulo BRASIL

RESUMO

Os dados de monitoração individual dos funcionários do IPEN durante o período de 1961 a 1990 foram resgatados e tratados de modo a se obter uma visão geral da variação do valor da dose equivalente media anual. São dados três enfoques diferentes: a análise da dose equivalente media anual no IPEN como um todo, por departamentos ou setores de atividades e alguns casos individuais. Os dados relativos as atividades durante o acidente de Goiânia são tratados separadamente.

ANNUAL AVERAGE DOSE EQUIVALENT OF WORKERS
AT THE IPEN/CNEN SP

Teresinha Ferreira Lima DALTRO
and Letícia Lucente CAMPOS

COMISSAO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR SP
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGETICAS E NUCLEARES

Caixa Postal 11049 - Pinheiros
05499 - São Paulo - BRASIL

ABSTRACT

Data related on personal monitoring of IPEN workers during 1961 until 1990 were collected and treated in order to obtain a general view of the annual average dose equivalent level. Three different situations were analyzed: dose equivalent level of IPEN; dose equivalent level of each department; and some individual cases. Data related on Goiânia accident are discussed separately.

INTRODUÇÃO

A monitoração individual dos trabalhadores do IPEN expostos a radiação externa é feita desde 1957, mas por ter utilizado na época dosímetros americanos do OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY os resultados não foram adequadamente arquivados. Somente a partir de 1961, já com dosímetro de fabricação nacional, foi possível resgatar os resultados pelo laboratório de dosimetria fotográfica.

A norma CNEN NE 3.04(1) estabelece que para propósitos de monitoração individual os monitores sejam calibrados em termos de exposição, contudo, as exposições profissionais devem ser avaliadas pela grandeza física de dose equivalente. Assim, para o controle das exposições profissionais é estabelecido o fator de conversão $1R = 0,01Sv$ entre estas duas grandezas.

A resposta de um filme, em termos da densidade óptica, apresenta forte dependência com a energia das radiações X e gama incidentes. Esta dependência energética é corrigida pela utilização de filtros absorvedores no porta-filmes.

A monitoração individual dos trabalhadores do IPEN é realizada mensalmente, sendo que a troca dos porta dosímetros é efetuada no primeiro dia útil de cada mês.

O número de servidores monitorados com filmes dosimétricos no IPEN vêm crescendo continuamente desde 1961. Nesse ano foram monitorados 100 servidores atingindo 800 pessoas em 1990 e a partir desta data considerando as flutuações de ano a ano podemos dizer que se manteve estável.

LIMITES DE DOSE

Os limites de dose equivalente são fixados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) na publicação CNEN 3.01(2) e estão baseados nas recomendações internacionais da Agência Internacional de Energia Atômica, IAEA, órgão oficial da ONU. A publicação CNEN NE 3.01(2) estabelece os limites anuais de dose para trabalhadores profissionalmente expostos relacionados a seguir.

<i>População</i>	<i>Tipo de Exposição</i>	<i>Limites Anuais (mSv/ano)</i>
<i>Trabalhadores Profissionalmente Expostos</i>	<i>corpo inteiro</i>	<i>50</i>
	<i>crânio</i>	<i>150</i>
	<i>pele, extremidades</i>	<i>500</i>

Tabela N° 1 - Limites anuais de dose

Doses equivalentes mensais de corpo inteiro superiores a 4,0 mSv/mês são consideradas pela CNEN como níveis de investigação e quando detectadas, são imediatamente comunicadas a CNEN/DIN (no Rio de Janeiro), que solicitará a instalação que informe os motivos que levaram aquela dose. Desde 1988 foi adotado pela CNEN o valor de 0,20 mSv/mês (M) como o limite mínimo de detecção e também como nível de registro, ainda que a norma (2) determine que seja adotado o valor de 0,40 mSv/mês.

MATERIAL E METODO

A avaliação das exposições de corpo inteiro é efetuada, no IPEN, para trabalhadores submetidos a campos de radiação X e gama.

O filme utilizado atualmente no IPEN é o modelo Personal Monitoring 2/10 fabricado pela Agfa Gevaert que possui duas emulsões com sensibilidades diferentes. A emulsão mais sensível é capaz de detectar $5,2 \cdot 10^{-6}$ C/kg (20 mR) de radiação gama do Co-60, e menos de $5,2 \cdot 10^{-7}$ C/kg (20 mR) de raios X de baixa energia. A outra emulsão cobre uma faixa de exposição suficientemente grande para abranger a maioria das irradiações acidentais (3) sendo o limite superior de detecção aproximadamente $7,8 \cdot 10^{-2}$ C/kg (300R).

O porta-dosímetro contém três filtros metálicos (Pb, Cu e Cd) localizados na face anterior entre a parede plástica e o filme. Na parede anterior existe também um orifício de 5mm de diâmetro o que possibilita a leitura da densidade óptica no

filme em função da atenuação da parede de plástico do porta-dosímetro além das leituras obtidas em função da atenuação dos filtros metálicos.

Após a avaliação da exposição mensal são emitidos os relatórios de dose. Anualmente é calculada a dose acumulada, que é dada pela soma das doses equivalentes referentes aos doze meses do ano. Os dados obtidos desde o início da monitoração até 1990 foram resgatados e tratados de modo a se obter uma visão geral da variação do valor da dose equivalente média anual dos trabalhadores do IPEN primeiramente de forma global em seguida separados por departamentos ou setores de atividades e finalmente para alguns casos individuais. Foram tratados à parte os resultados das operações programadas durante o acidente ocorrido em Goiânia em 1987.

Para o processamento estatístico dos dados, confecção das figuras e edição do texto foi utilizado um micro computador PC-AT 386. A análise da distribuição das doses equivalentes anuais do IPEN como um todo e dos departamentos foi feita por amostragem representativa (50%) do número de trabalhadores em cada ano.

Em alguns casos, onde o departamento foi criado recentemente, foram consideradas as doses anuais dos funcionários desde o início da sua monitoração, independente de sua lotação anterior, uma vez que alguns departamentos foram também extintos nesse período.

RESULTADOS

A dose equivalente média anual dos trabalhadores do IPEN é mostrada na Fig.1

Para o cálculo da média anual a partir de 1961, foram considerados 50% do número de servidores monitorados. Neste levantamento foram desconsiderados apenas três casos de servidores que receberam doses acima de 50 mSv/ano nos anos 1964, 1976 e 1987 devido a ocorrência de situações anormais. Esses casos serão analisados na Fig.15. Como pode ser observado com exceção de 1964, o valor da dose equivalente média anual não ultrapassa 4,0 mSv/ano. As normas nacionais determinam que a dose média em instalações de grande porte com muitos trabalhadores não deve ultrapassar 5 mSv/ano (2). Conclui-se que o IPEN está dentro dos limites estabelecidos pela norma.

A distribuição das doses equivalentes médias anuais analisadas do ponto de vista dos departamentos ou setores de atividade foi dividida em dois grupos. No primeiro grupo estão incluídos aqueles setores ou departamentos onde as médias anuais não ultrapassam 5 mSv/ano nos últimos 15 anos (Figs 2 a 7). No segundo grupo estão incluídos os setores ou departamentos cujas doses equivalentes médias anuais não ultrapassam 2,5 mSv/ano (Figs 8 a 14) nos últimos 15 anos.

Para maior facilidade de identificação dos departamentos serão utilizadas as siglas antigas, ou seja, aquelas utilizadas antes da reestruturação do organograma do IPEN.

Como pode ser observado nas Figs 2 a 7, nos primeiros dez anos de atividade do IPEN quando estavam em fase de implantação vários laboratórios e equipamentos, as doses médias em alguns departamentos apresentam, excepcionalmente, valores superiores a 5 mSv/ano.

No caso do Departamento de Aplicações na Engenharia e Indústria (TE) em particular, o aumento da dose média anual nos últimos anos se deve à instalação e ao funcionamento do ciclotron e do acelerador de elétrons (Fig.6). Nos outros casos, a tendência geral nos últimos anos é de flutuação em torno de doses equivalentes médias sempre inferiores a 5 mSv/ano.

A distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Proteção Radiológica (NP), mostrada na Fig 7 e explicada, considerando-se que as atividades de rotina incluem atendimento a emergências e acompanhamento de operações especiais programadas.

Nas Figs 8 a 14 são observadas as distribuições de doses equivalentes médias anuais dos departamentos onde esses valores não ultrapassaram 2,5 mSv/ano nos últimos 15 anos. Nesses casos todos os departamentos, embora apresentando médias anuais relativamente baixas, apresentam uma tendência de redução da dose média nos últimos 4 anos.

Na Fig 15 é mostrada a distribuição anual das doses equivalentes máximas individuais no IPEN considerando as maiores doses equivalentes individuais de cada ano, independente do setor de atividade. Observa-se que em 29 anos de atividades somente em três ocasiões (1964, 1976 e 1987), foi ultrapassado o máximo admissível anual de 50 mSv/ano. Esses três casos são considerados como ocorrências anormais. Nos demais casos, com exceção de 1986, todos estão abaixo do limite. Nesta figura

nao estao incluídas as doses equivalentes individuais relativas às atividades desenvolvidas em Goiânia

Na Fig 16 a titulo de elucidação são fornecidas as distribuições de doses equivalentes médias anuais dos departamentos do IPEN no periodo de 1961 a 1990

Na Fig 17 e mostrada a distribuição percentual da dose coletiva do IPEN referente ao ano de 1990 onde pode ser observada a fração correspondente a cada departamento. A dose coletiva considerada refere-se a uma amostragem de 50% do pessoal monitorado, isto é 412 servidores. O valor da dose coletiva do IPEN, no ano de 1990 para o número de servidores considerados e de 444,6 mSv/ano, o que corresponde a uma dose equivalente média anual de 1,1 mSv/ano

A Fig 18 mostra a distribuição das doses equivalentes recebidas pelos trabalhadores que prestaram serviço em Goiânia no periodo de outubro a dezembro de 1987. Como pode ser observado somente um trabalhador atingiu 12 mSv em três meses de intervenção o que ainda esta abaixo do limite de dose que é de 50 mSv/ano. Isso significa que houve empenho por parte da direção durante a intervenção de que ninguém ultrapassasse o limite trimestral vigente na epoca que era de 30mSv. Sabe-se que os niveis em alguns locais eram excessivamente altos, da ordem de 2,0 Sv/hora

CONCLUSÕES

Considerando as Figs 1 a 15 pode-se concluir que a partir de 1961 a dose equivalente média anual no IPEN teve varias flutuações em alguns departamentos até 1975 e vem decrescendo continuamente não tendo em nenhuma ocasião salvo em 1964, 1976 e 1987 em exposições anormais ultrapassado o limite anual admissível para trabalhadores profissionalmente expostos

Esses resultados demonstram o cuidado que os departamentos têm dispensado com relação a segurança do trabalhador bem como a eficácia da ação da Proteção Radiológica

Finalmente esses resultados permitem afirmar também que do ponto de vista da radioproteção o ambiente de trabalho do IPEN como centro nuclear é intrinsecamente seguro

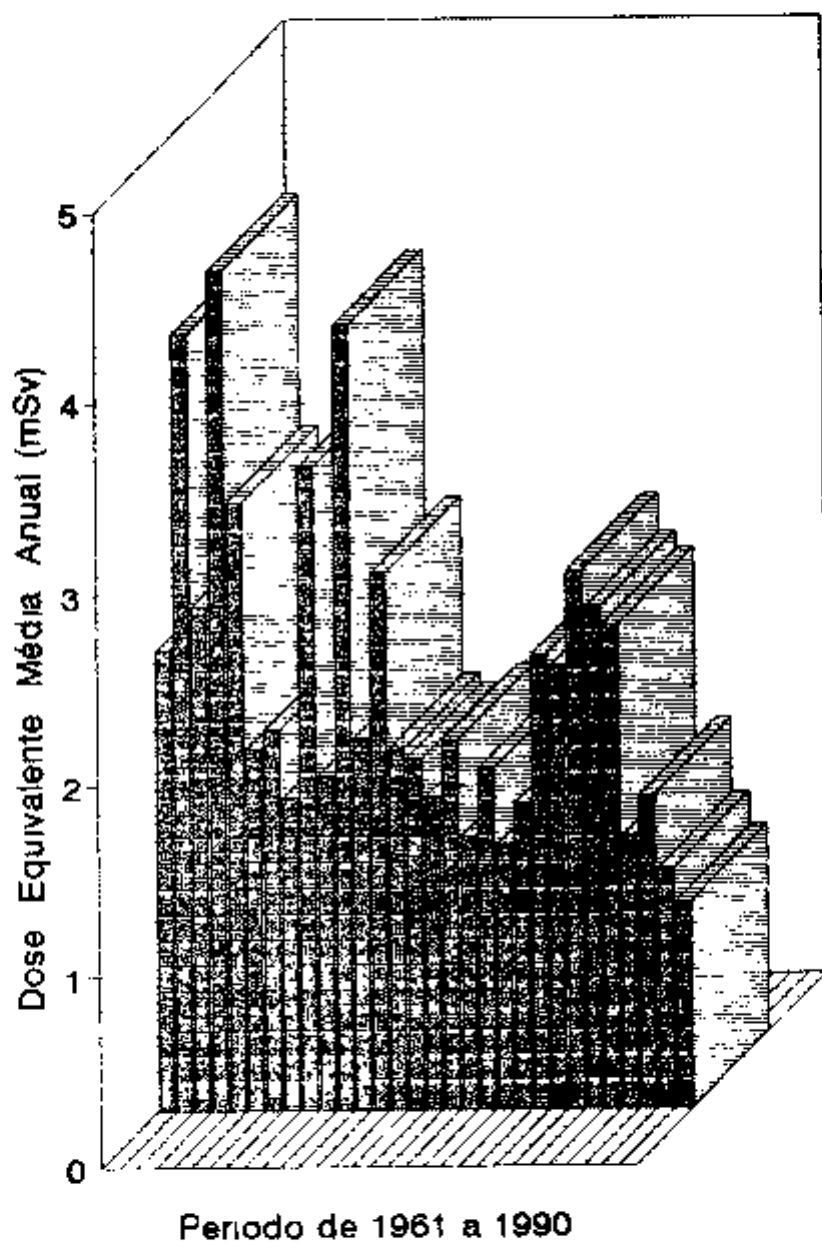


Figura 1 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no IPEN

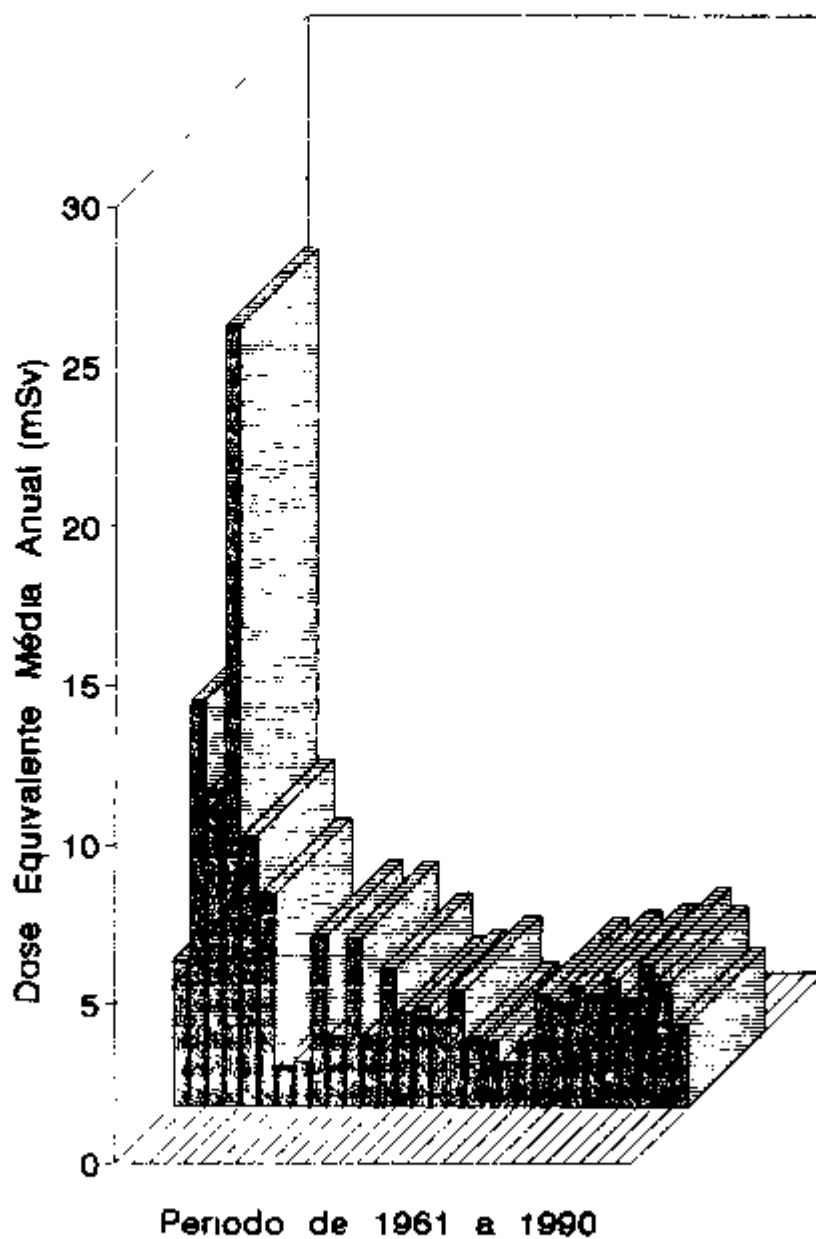


Figura 2 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Processamento de Material Radioativo (TP)

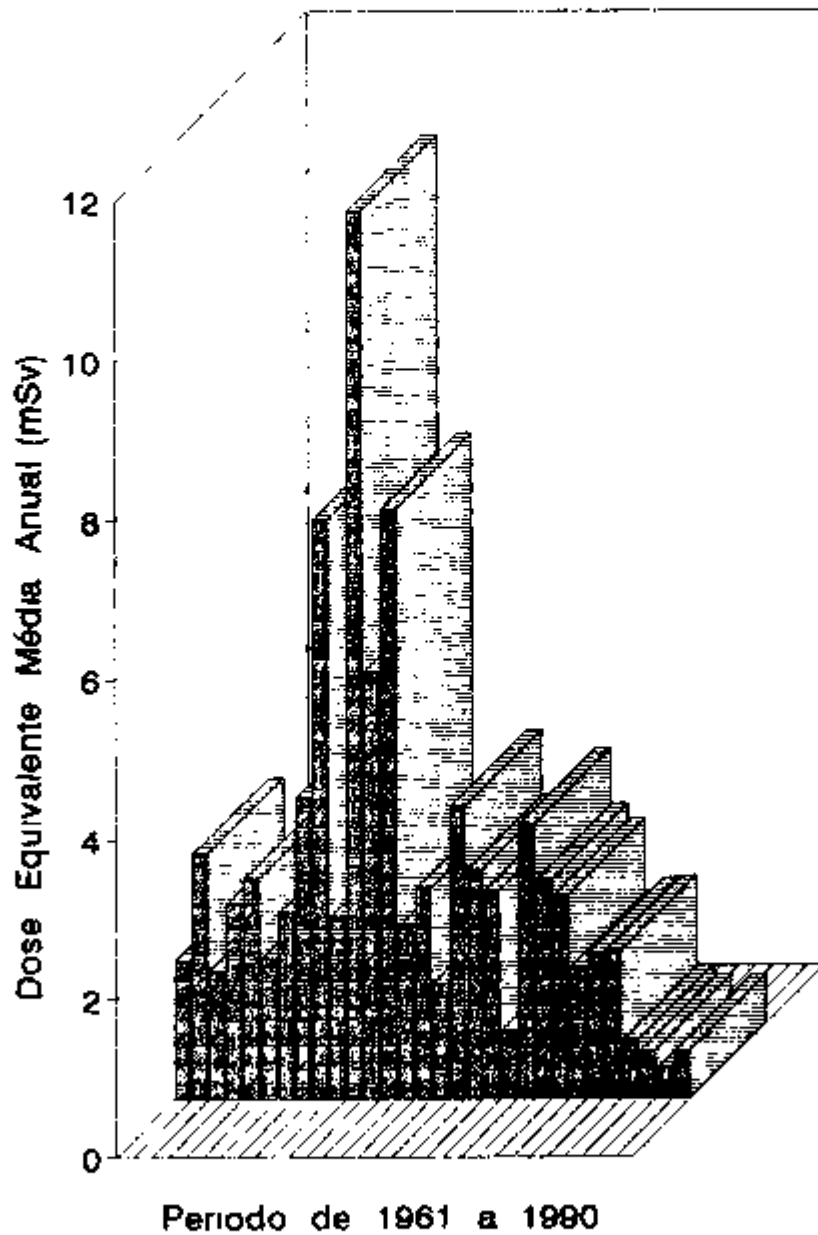


Figura 3 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Reatores e Circuitos Experimentais (RE)

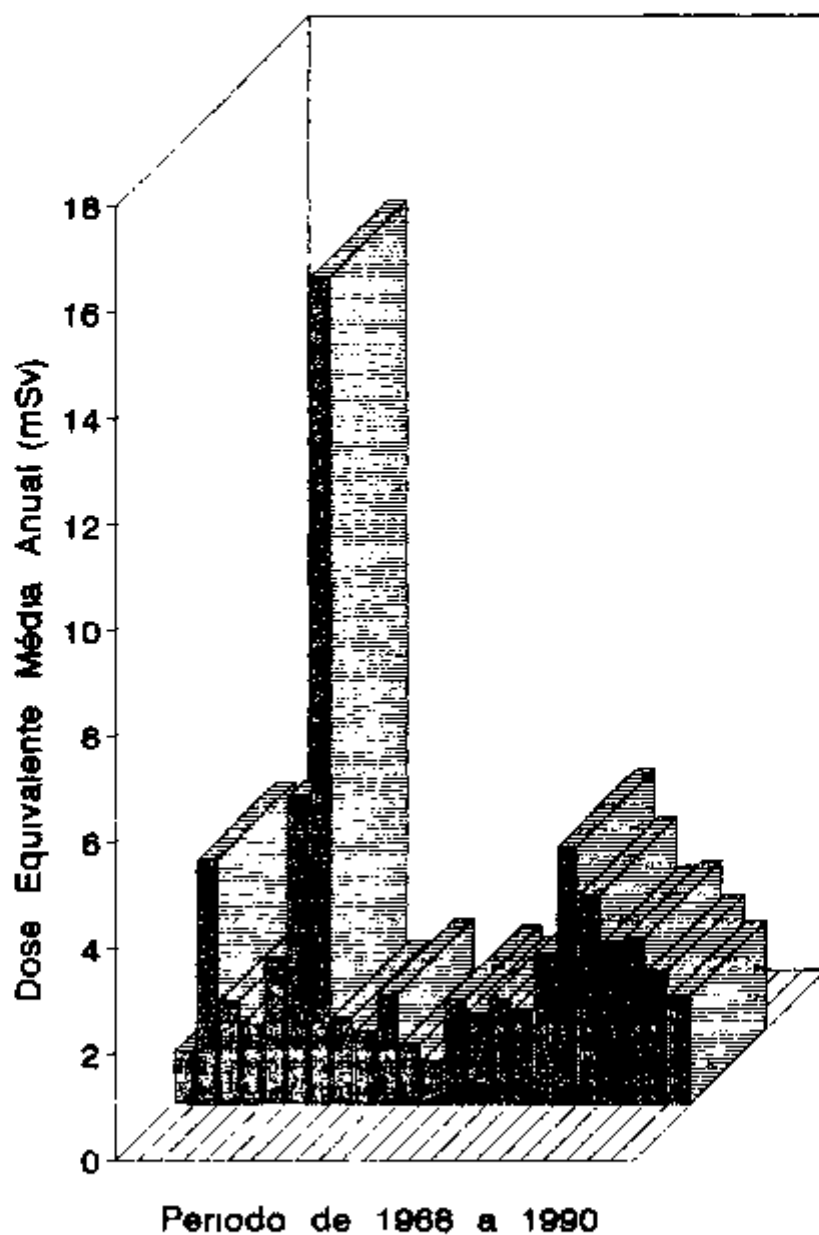


Figura 4 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Instalação Piloto de Concentrado de Urânio (MT)

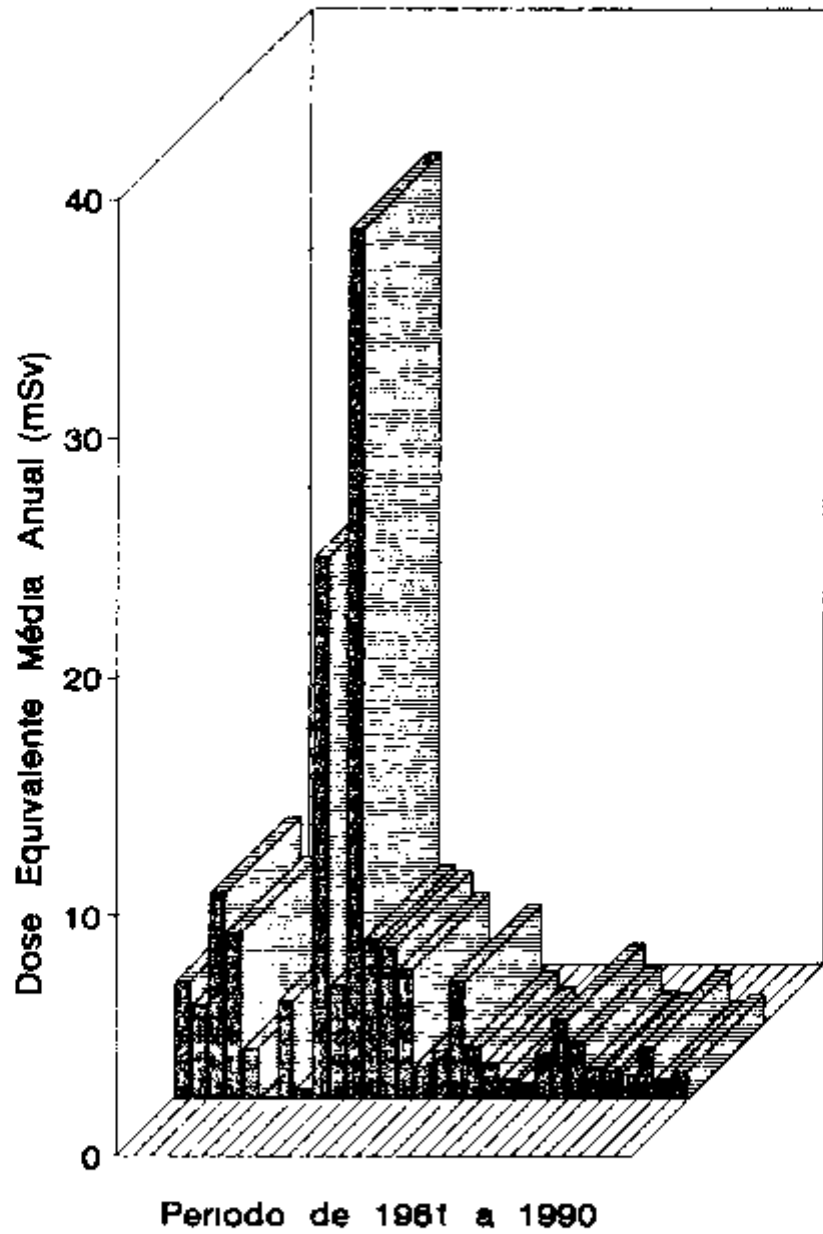


Figura 5 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Rejeitos e Descontaminação (MR)

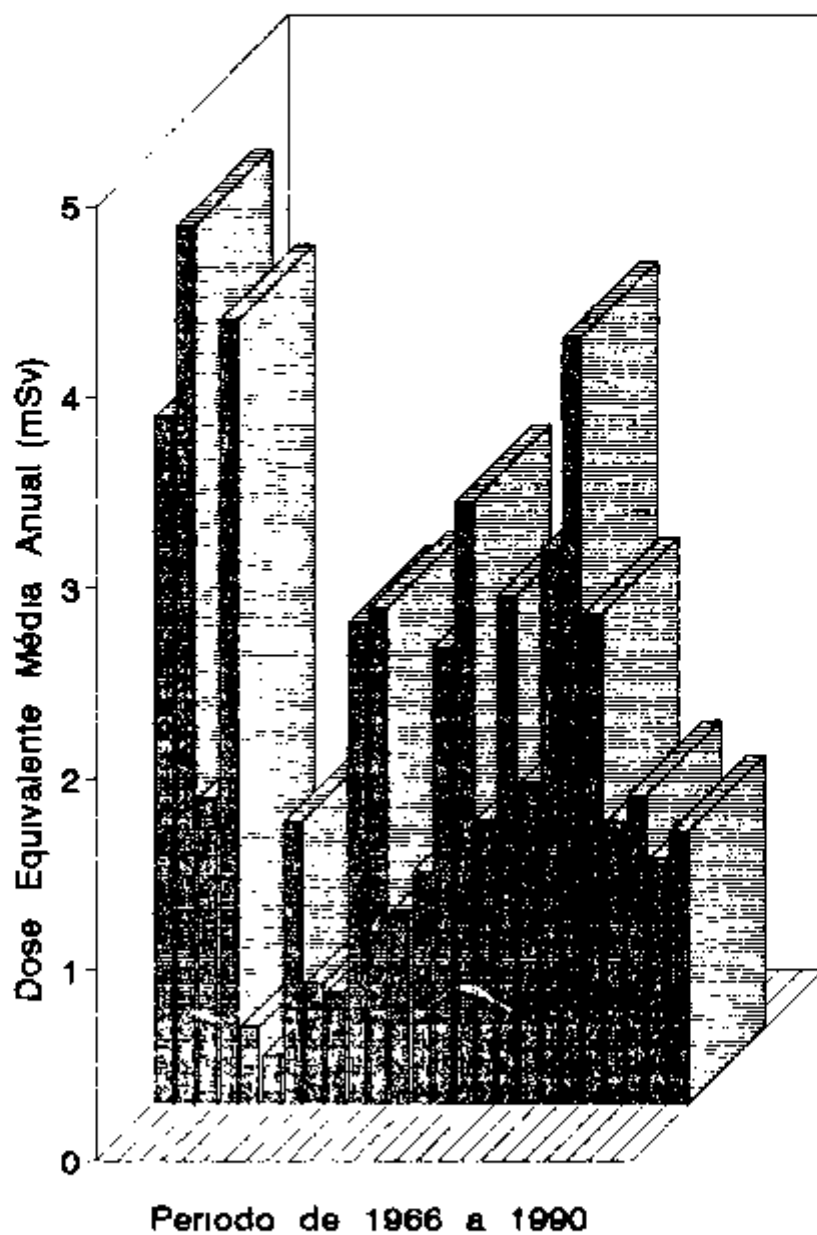


Figura 6 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Aplicações na Engenharia e na Indústria (TE)

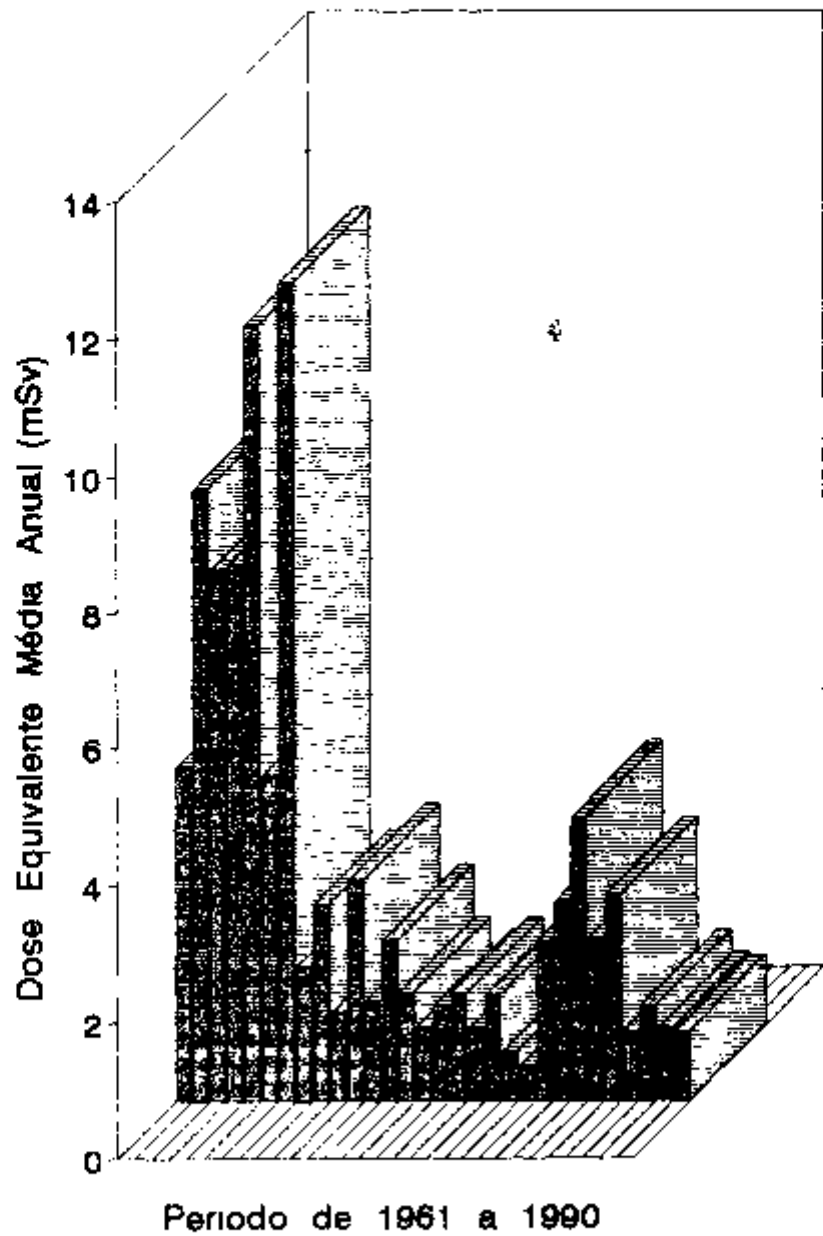


Figura 7 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Proteção Radiológica (NP)

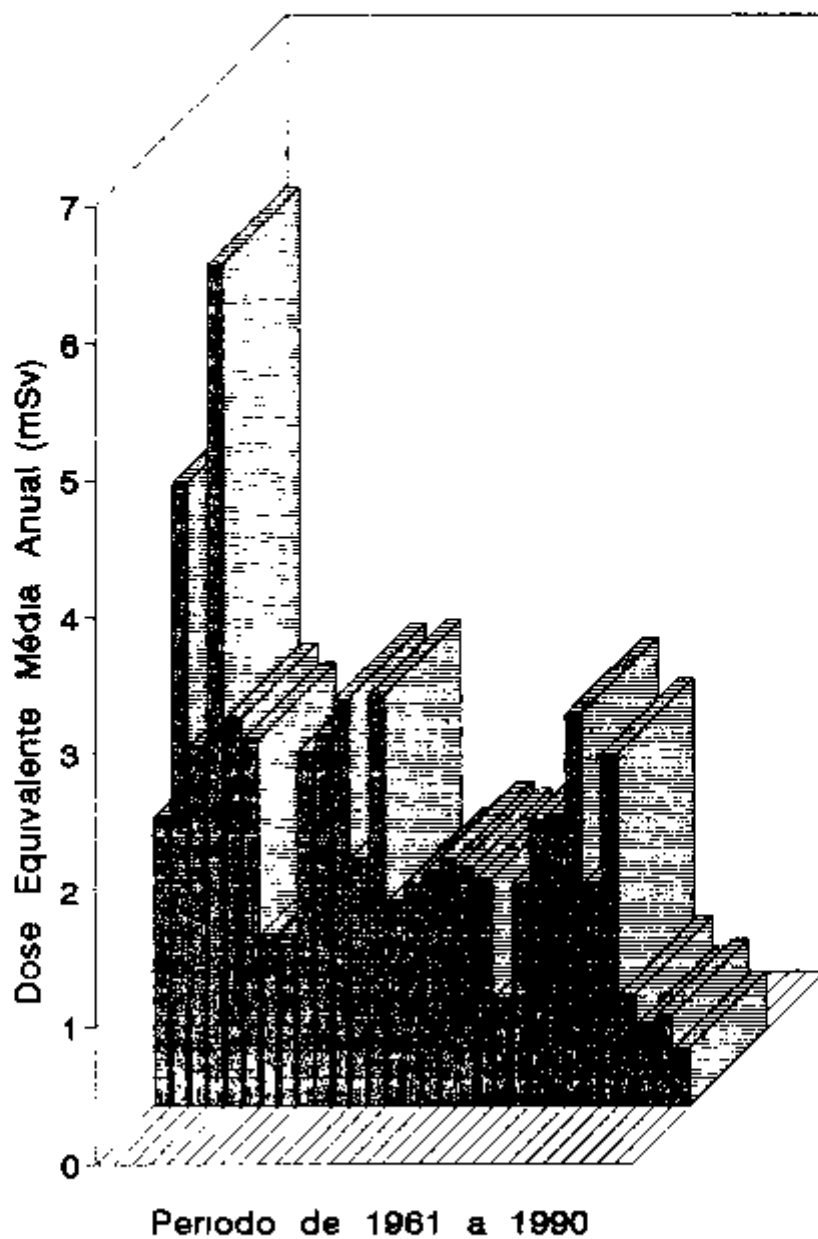


Figura 8 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Física e Química Nucleares (TF)

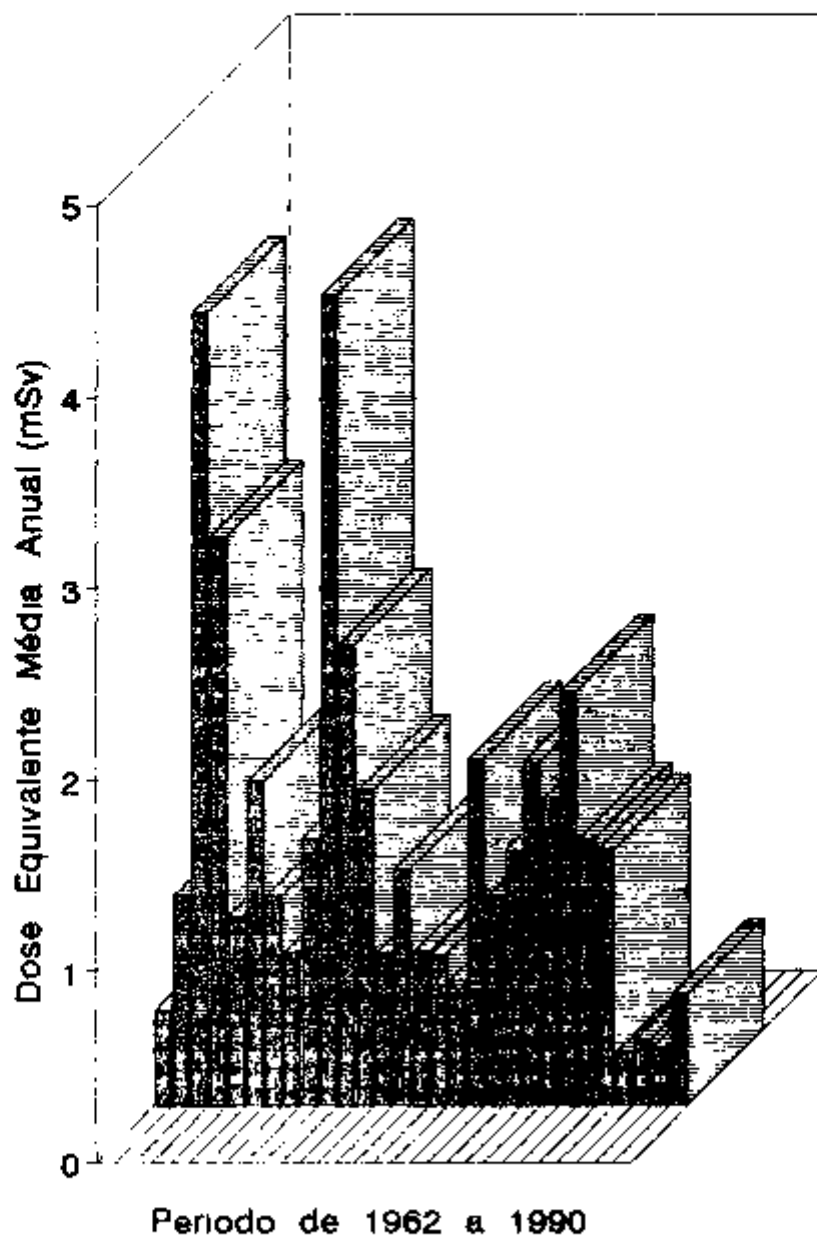


Figura 9 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Tecnologia e Processos Químicos (MQ)

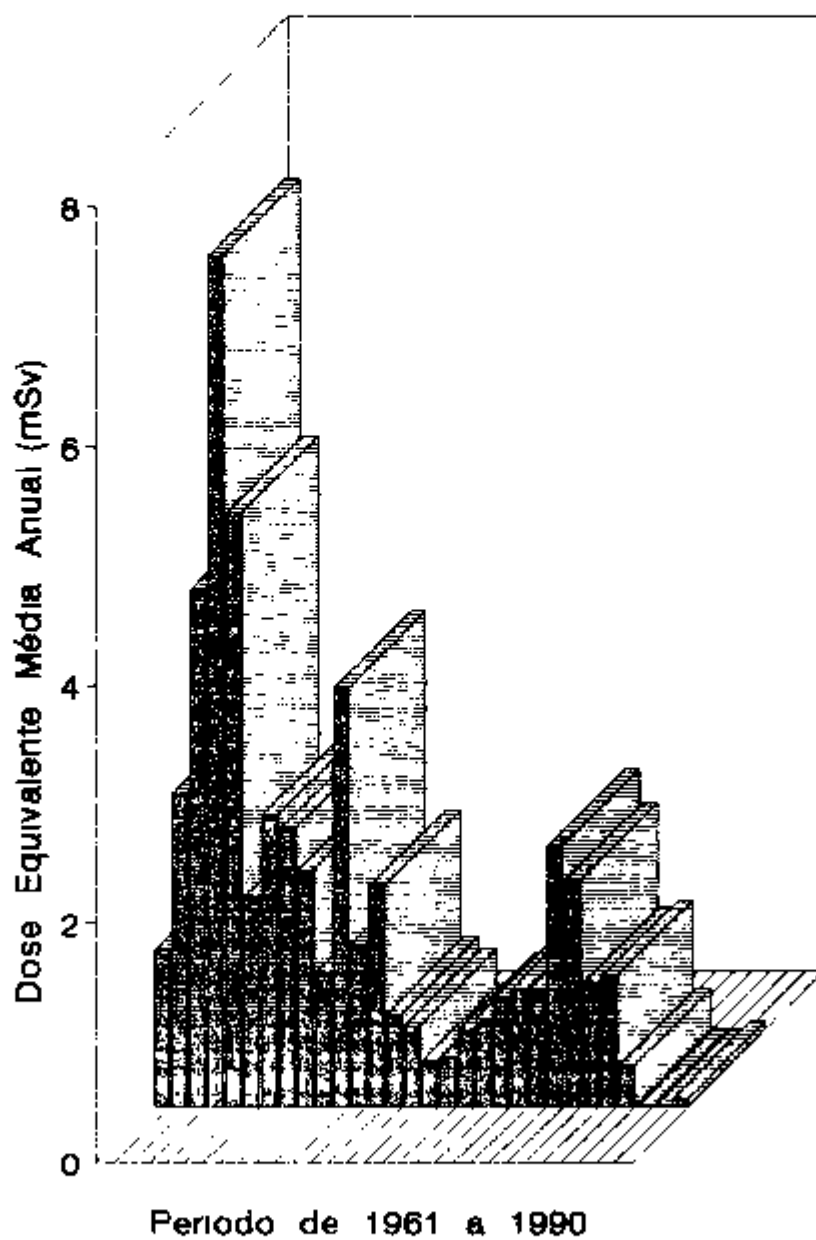


Figura 10 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Bioengenharia (TB)

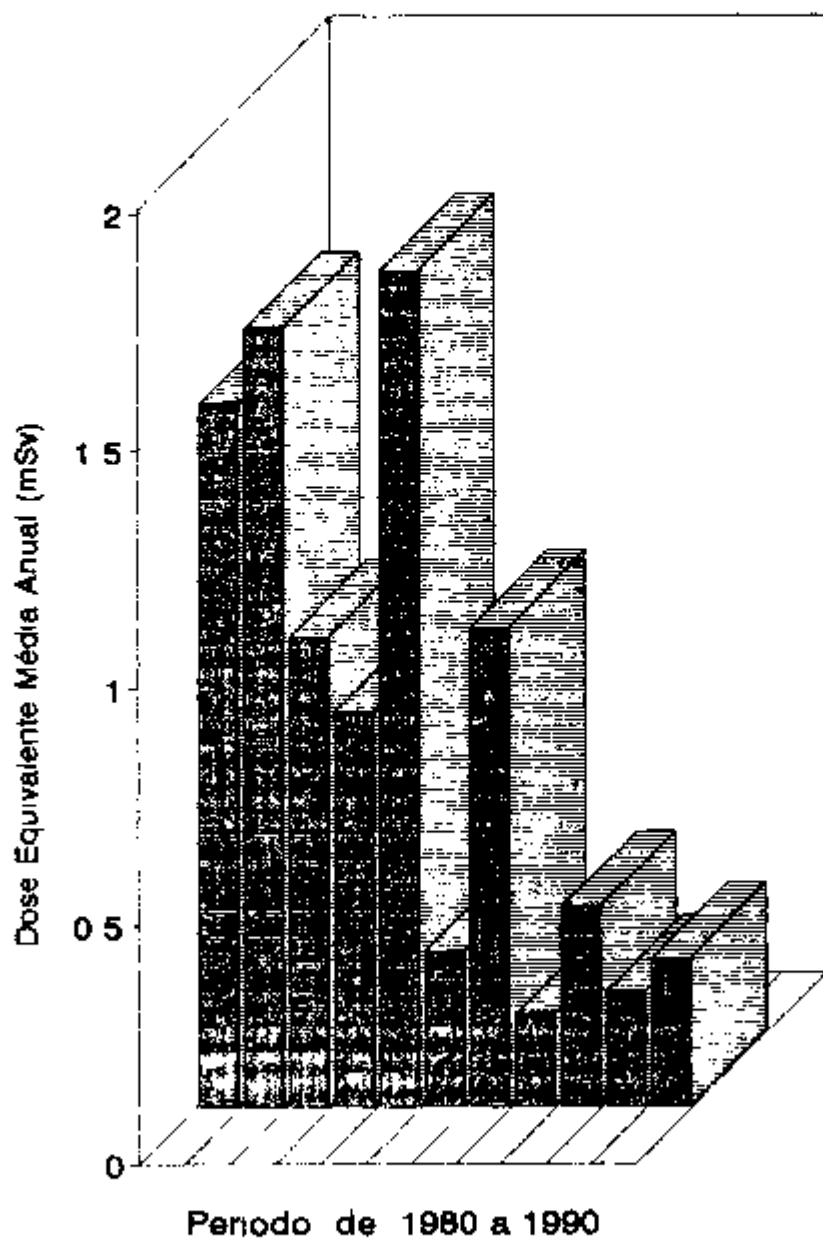


Figura 11: Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Tecnologia de Combustíveis (MC)

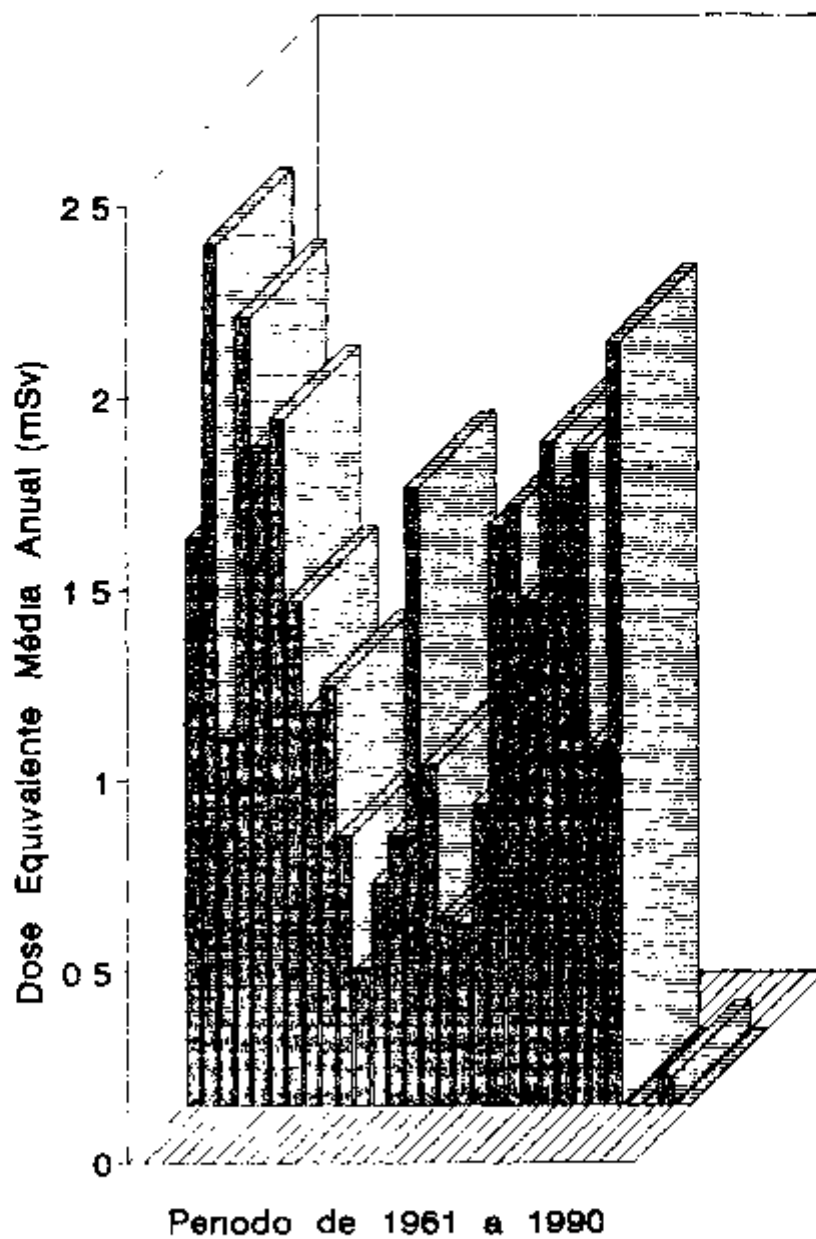


Figura 12 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Caracterização de Materiais (ME)

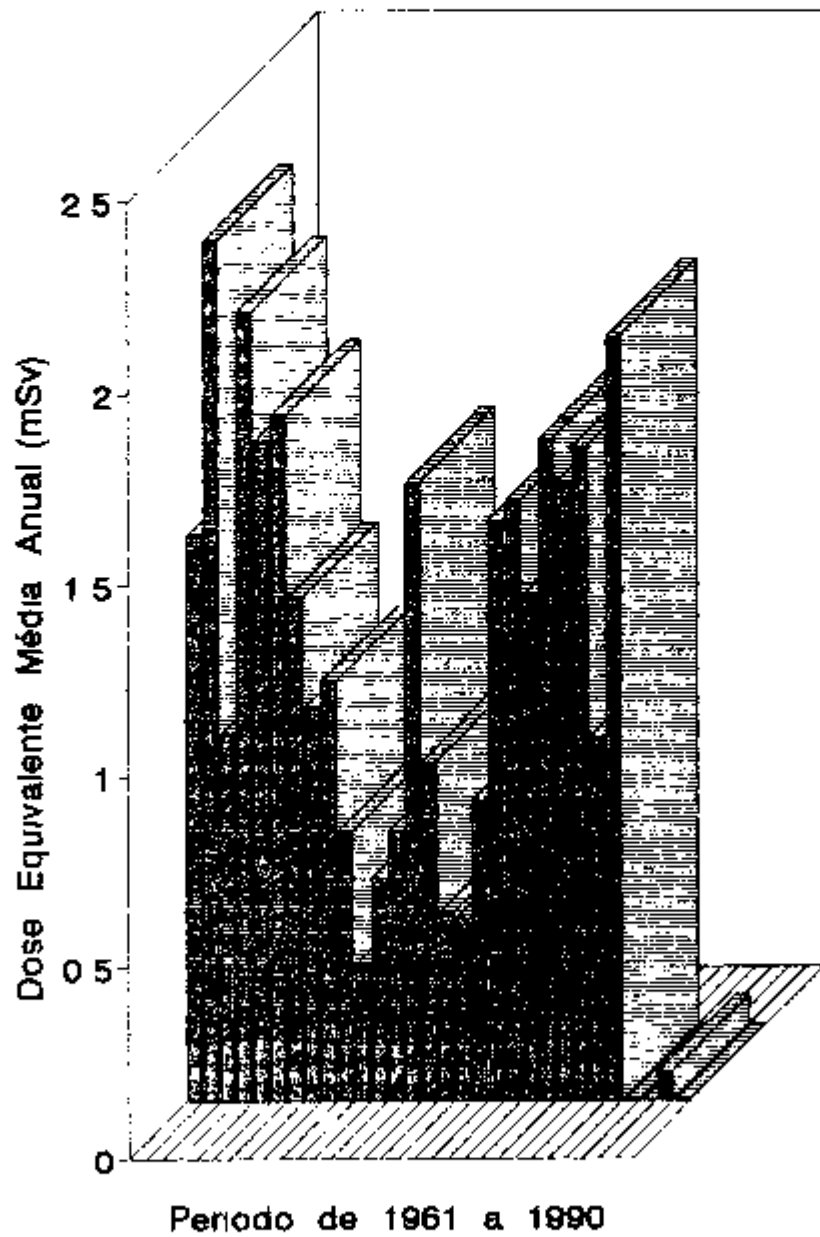


Figura 13 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Engenharia e Ciência dos Materiais Cerâmicos e Metálicos (MM)

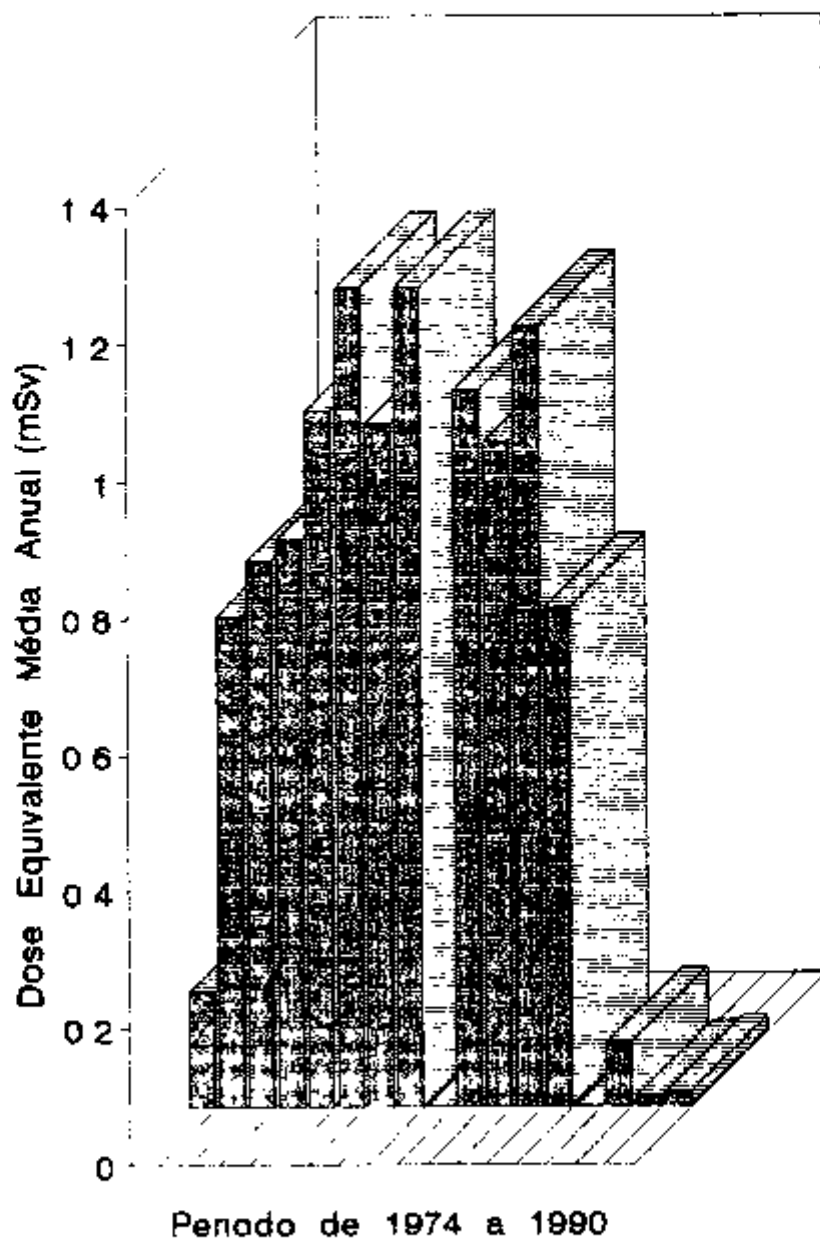


Figura 14 Distribuição das doses equivalentes médias anuais no Departamento de Tecnologia de Reatores (RT)

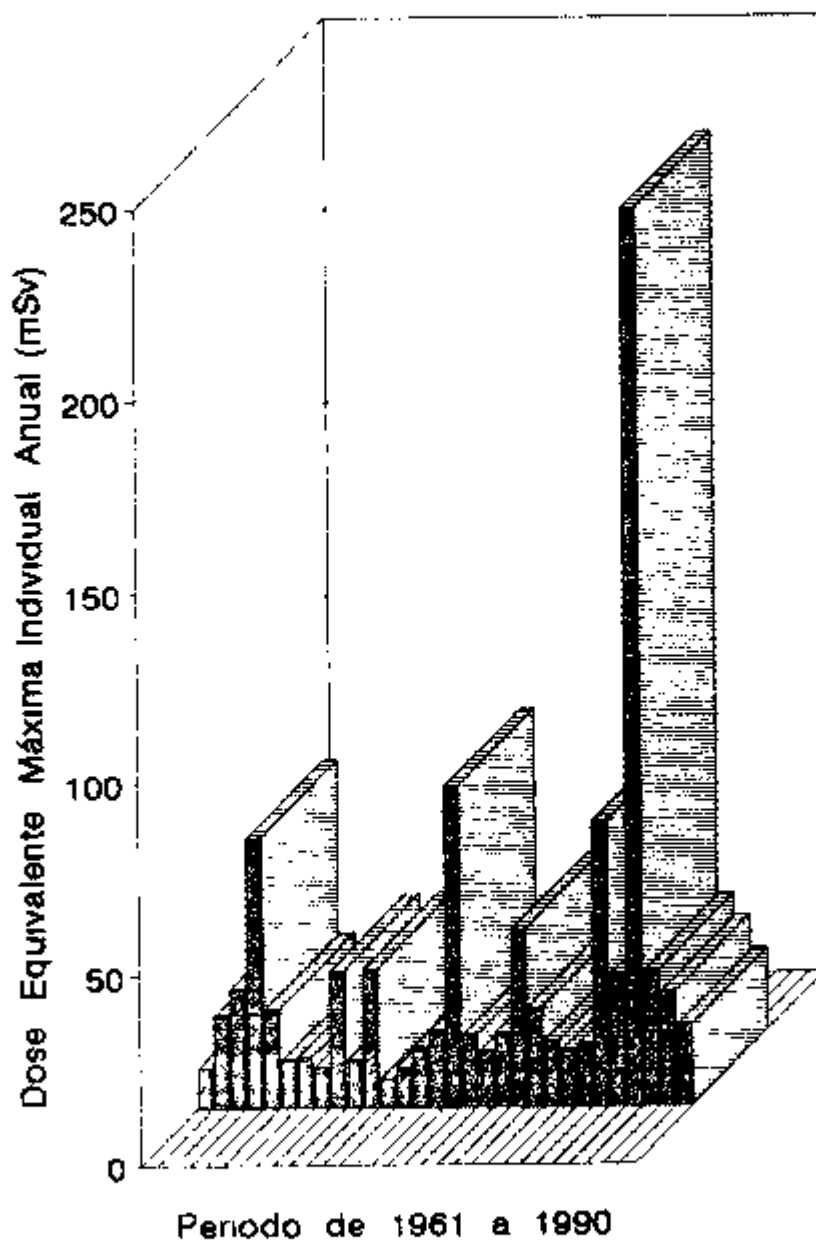


Figura 15 Distribuição das doses equivalentes máximas individuais no IPEN

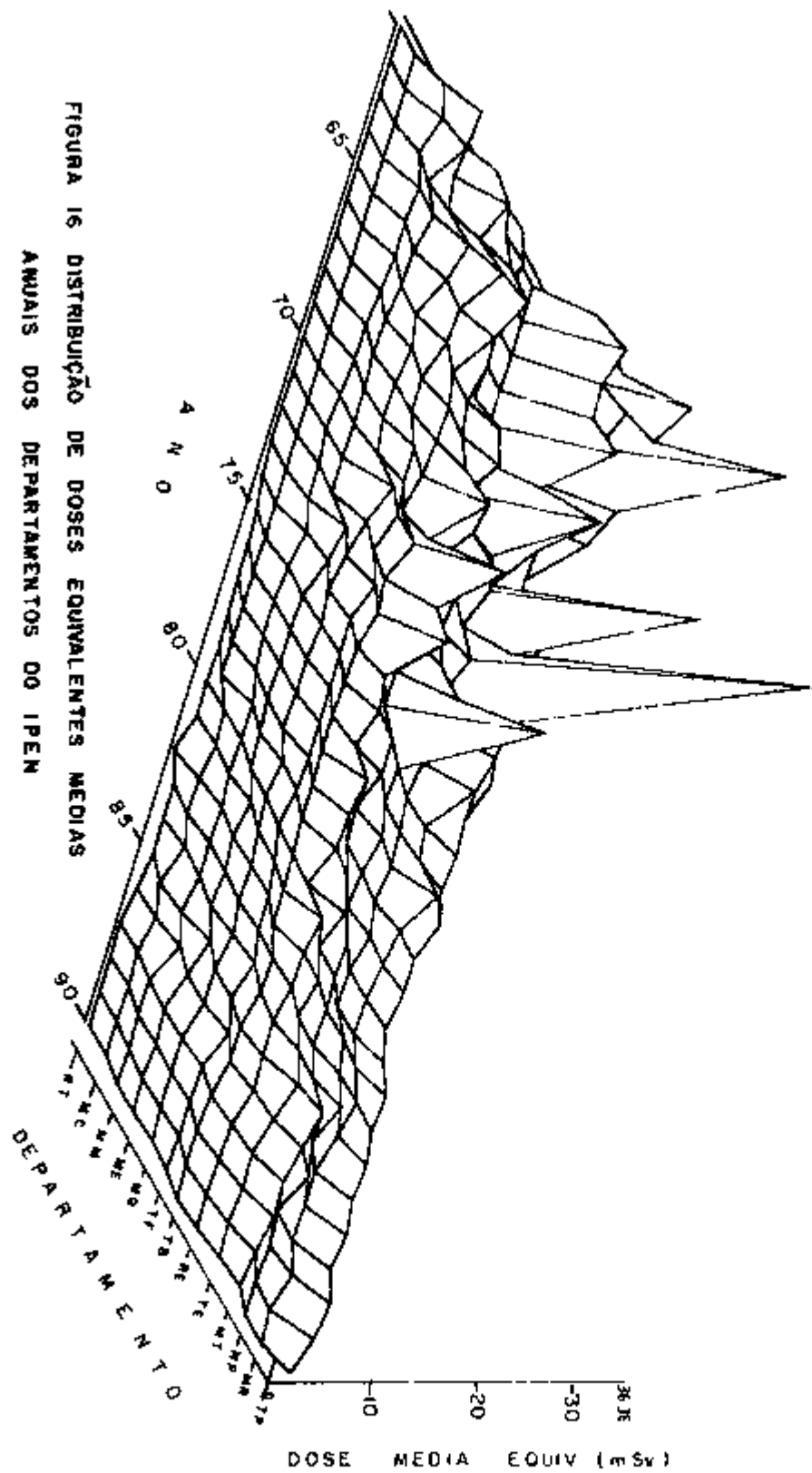


FIGURA 16 DISTRIBUIÇÃO DE DOSES EQUIVALENTES MÉDIAS ANUAIS DOS DEPARTAMENTOS DO IPEN

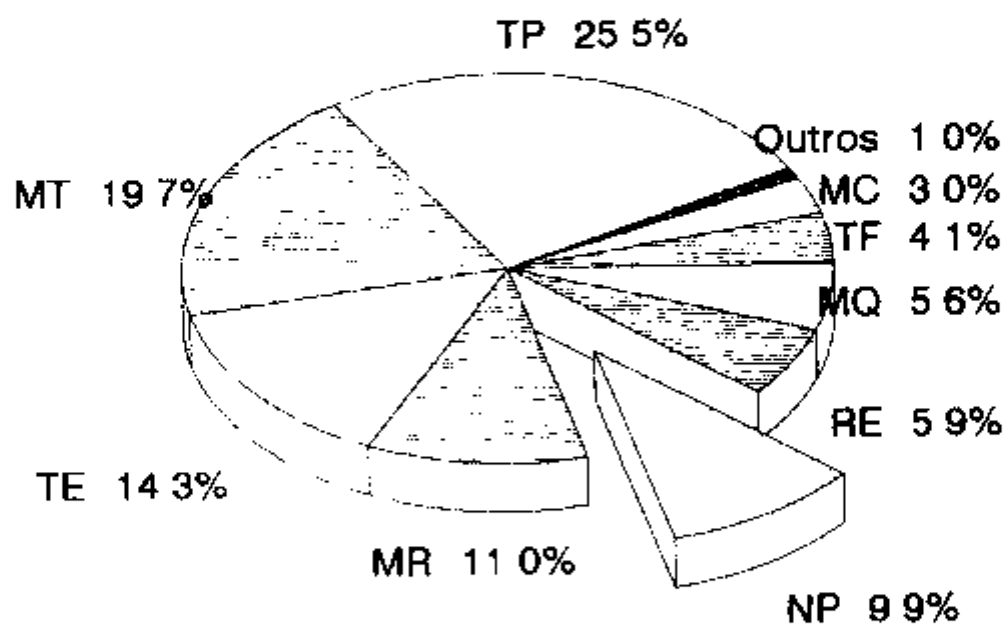


Figura 17 Distribuição percentual da dose equivalente coletiva no IPEN em 1990

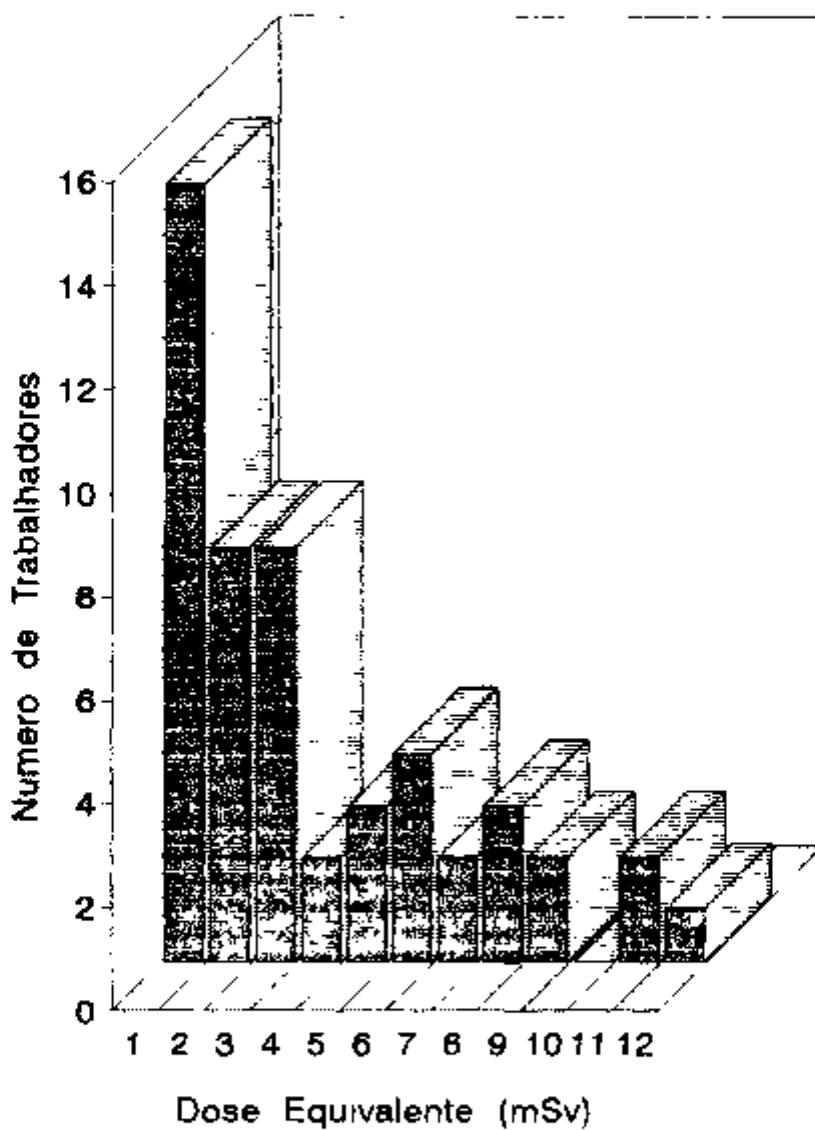


Figura 18 Histograma das doses equivalentes recebidas pelos servidores do IPEN durante a operação programada em Goiânia (1987)

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Eng Homero E Bañados Pérez pela orientação na escolha e utilização dos softwares, a Silvia Helena Segobia, Maria de Fatima Freitas, Ethei M Pedroso e Klaus D Siegler pelo levantamento dos dados, e ao Dr Gian Maria A. A. Sordi pelas discussões e valiosas sugestões

REFERÊNCIAS

- 1 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
Autorização para o funcionamento dos laboratórios de serviços de monitoração individual Rio de Janeiro, 1984 (CNEN-NE-3 04-81)
- 2 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
Diretrizes básicas de radioproteção Rio de Janeiro, 1988 (CNEN-NE-3 01-88)
- 3 - MOTA, H C , CUNHA, P G , HUNT, J G , RAMOS, E V , SALVI, R P C , SIGAUD, G M Um sistema multi - filtro para dosimetria fotográfica Rev Fis Apl Instrum , 5 (1) 64-77, 1990