



22 a 27 de abril de 1990

ANAIS - PROCEEDINGS**PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL DO IPEN-CNEN/SP**

Vanusa Maria Feliciano Jacomino
Ana Maria Pinho Leite Gordon
Ricardo Nunes de Carvalho
Luzia Venturini
Adir Janete Godoy dos Santos

Comissão Nacional de Energia Nuclear
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

SUMÁRIO

A Divisão de Monitoração Ambiental do IPEN-CNEN/SP estabeleceu um Programa de Monitoração Ambiental Operacional de forma a se medir os níveis de radioatividade aos quais os indivíduos do público estão expostos. Os resultados das monitorações efetuadas no ano de 1988 indicaram que os únicos radionuclídeos detectados nas amostras ambientais com atividade acima da atividade mínima detectável foram o Ra-226, Ra-228, K-40 e o Be-7, em concentrações da ordem dos níveis de radioatividade natural da região. O valor médio das medidas mensais da radiação direta no meio ambiente com dosímetros termoluminescentes foi $(9,4 \pm 2,7) \mu\text{C}/\text{kg}$.

ABSTRACT

In order to measure the radioactive levels in the IPEN-CNEN/SP facilities surroundings, the Environmental Monitoring Division established an Operational Environmental Monitoring Program. The results concerning 1988 are presented. The only radionuclides found in the environmental samples were Ra-228, Ra-226, Be-7, and K-40, with activities corresponding to the background levels. The average value for the monthly direct radiation measurements was $(9,4 \pm 2,7) \mu\text{C}/\text{kg}$.

1. INTRODUÇÃO

Das atividades rotineiras do IPEN-CNEN/SP com material radioativo resultam efluentes líquidos e gasosos e rejeitos radioativos sólidos. Esses últimos provêm de quase todas as suas áreas de trabalho e se constituem principalmente de papéis e materiais contaminados de uso geral em laboratório. Esses materiais, após serem embalados convenientemente, são enviados à Unidade de Tratamento e Estocagem de Rejeitos Radioativos.

Os efluentes líquidos e gasosos gerados pelas instalações do IPEN-CNEN/SP originam-se principalmente da instalação de produção de radioisótopos para uso em diagnose médica, reator IEA-R1 e das instalações de processamento de compostos de urânio e tório.

A forma de descarga destas instalações é muito similar. Os efluentes líquidos são armazenados em tanques de retenção ou em recipientes apropriados, e após a análise radiométrica e comparação dos níveis de atividade encontrados com os limites de descarga estabelecidos pelas Normas de Proteção Radiológica ⁽¹⁾, são liberados na rede de esgoto local. Os radionuclídeos contidos nos efluentes líquidos que mais contribuem para a soma da atividade total liberada e que são de relevância no que concerne à proteção radiológica são o Co-60, I-131, Cs-137, Ra-228 e o Ra-226 ⁽²⁾.

Os efluentes gasosos são liberados através de uma ou mais chaminés, após passagem por um sistema de tratamento (ajuste de pH e filtragem) e por um sistema de controle (monitoração do ar). O único radionuclídeo detectado nos efluentes gasosos com atividade acima da atividade mínima detectável foi o I-131 ⁽³⁾.

A fim de verificar se estas liberações estão sendo feitas de forma controlada e que portanto resultam em um grau de risco aceitável para a população em geral, a Divisão de Monitoração Ambiental do IPEN-CNEN/SP estabeleceu um Programa de Monitoração Ambiental que permite avaliar os níveis de radioatividade aos quais os membros do público que vivem nas circunvizinhanças de suas instalações estão expostos.

No presente trabalho é feita uma descrição geral do programa, sendo apresentados os resultados das monitorações efetuadas no ano de 1988.

2. DADOS REFERENTES À REGIÃO

O IPEN-CNEN/SP é um centro de formação e de desenvolvimento científico e tecnológico nos vários campos da energia nuclear localizado no "campus" da Universidade de São Paulo. A utilização do solo nas suas proximidades, bem como a sua ocupação, destinam-se exclusivamente para fins urbanos. A densidade demográfica na região é bastante elevada, sendo que a população localizada num raio de 7 km ao seu redor totaliza 1.272.947 habitantes.

O principal corpo de água superficial localizado nas suas

imediações é o rio Pinheiros, que tem o seu escoamento controlado para a região sul da cidade de São Paulo, desembocando no reservatório Billings. O rio não possui fauna possível de ser incorporada à dieta da população e suas águas não têm condições de serem usadas para o consumo humano ou irrigação de plantações.

O clima da região é tropical temperado, apresentando temperaturas mínimas e máximas com valores de 15,3 °C e 24,7 °C. Observa-se um índice pluviométrico de 1400 mm, sendo a maior frequência de chuvas observada no semestre que compreende os meses de outubro a março. Os ventos predominantes na região são de sudeste (SE), com velocidade média de 3,6 m/s e frequência de 39,8 %, sendo a menor frequência observada para ventos de sudoeste (SW).

3. PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL DO IPEN-CNEN/SP

O programa geral foi estabelecido levando-se em conta não apenas as principais vias de transferência ^[9] dos radionuclídeos até chegarem ao homem, mas também os dados referentes à caracterização da região.

Para a avaliação dos níveis de radioatividade aos quais os indivíduos do público estão expostos são analisadas amostras de origem atmosférica, aquática e terrestre. Para tanto é feita a determinação dos radionuclídeos naturais e artificiais pela análise por espectrometria gama em amostras de precipitação pluviométrica, filtros de papel e carvão ativo para a amostragem de aerossóis e I-131 no ar, respectivamente. Nas amostras de água de superfície, água subterrânea, sedimento de fundo de rio, solo e vegetação também são feitas análises, pelo método de fluorimetria em meio sólido ^[10], para determinação de urânio total. A partir do ano de 1989 foi iniciada a determinação da atividade alfa e beta total em todas as amostras.

Além disso, são feitas medidas mensais e trimestrais da radiação direta no meio ambiente com dosímetros termoluminescentes (cristais LiF:Mg:Ti) TLD-100 e TLD-700, respectivamente. Esses dosímetros são posicionados a 1 metro da superfície do solo, e se encontram instalados em 10 pontos localizados ao longo da periferia do IPEN-CNEN/SP.

As amostras ambientais são coletadas e tratadas como descrito no Manual de Procedimentos para Execução do Programa de Monitoração Ambiental da Usina de Enriquecimento de Urânio Almirante Álvaro Alberto ^[11]. Após o preparo, as amostras (com exceção dos filtros de papel e de carvão ativo) são colocadas em frascos, que são lacrados. A seguir, espera-se no mínimo um mês para contá-las, para que o equilíbrio radioativo seja atingido, uma vez que o Ra-226 é determinado através de seus filhos emissores gama Pb-214 e Bi-214 e o Ra-228 é determinado através de seu filho Ac-228.

A amostragem de ar e precipitação pluviométrica é feita continuamente em dois pontos localizados, um no setor SE e outro no setor NW, dentro do próprio "campus" do IPEN-CNEN/SP,

realizando-se quinzenalmente a análise das amostras de filtros e mensalmente a análise composta das amostras de precipitação pluviométrica. A coleta das amostras de solo e vegetação é feita semestralmente em 4 pontos localizados dentro do "campus" do IPEN-CNEN/SP (setores SE, NW, W e E). A coleta de água subterrânea é feita semestralmente em 4 pontos correspondentes ao fluxo do lençol freático. Para a água de superfície e o sedimento de fundo de rio, a coleta é feita anualmente em 5 pontos localizados ao longo do rio Pinheiros, sendo 2 próximos aos pontos de descarga de efluentes, 1 a montante e 2 a jusante destes pontos. Também é feita a coleta diária, com análise composta semanal, nos 2 pontos de descarga de efluentes líquidos do IPEN-CNEN/SP.

4. RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados das monitorações efetuadas no ano de 1988. Na tabela 1 são apresentadas as atividades mínimas detectáveis (AMD), determinadas para vários tipos de amostras e geometrias de contagem.

Em nenhuma das amostras coletadas foram identificados radionuclídeos artificiais pela análise por espectrometria gama.

4.1. AR

4.1.1. AEROSSÓIS E IODO-131

Não foi detectado nenhum radionuclídeo natural com atividade acima da AMD nos filtros de papel. Com relação aos filtros de carvão ativo, em nenhuma amostra foi detectado o I-131 com atividade acima da AMD.

4.1.2. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Em nenhuma das amostras coletadas foram detectados radionuclídeos naturais com atividade acima da AMD.

4.1.3. MEDIDA DO NÍVEL DE RADIAÇÃO DIRETA COM DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES

O valor médio das medidas realizadas com os dosímetros TLD-100 foi $(9,4 \pm 2,7) \mu\text{C}/\text{kg}$, sendo o valor máximo encontrado $(32,9 \pm 8,2) \mu\text{C}/\text{kg}$ e o mínimo $(2,4 \pm 0,9) \mu\text{C}/\text{kg}$. Com os dosímetros TLD-700, o valor médio encontrado foi $(11,0 \pm 3,5) \mu\text{C}/\text{kg}$, sendo o valor máximo $(21,6 \pm 4,2) \mu\text{C}/\text{kg}$ e o valor mínimo $(6,3 \pm 3,1) \mu\text{C}/\text{kg}$. O ponto que apresentou valor de exposição mais alto encontra-se localizado no setor SE, próximo ao prédio do ciclotron.

4.2. ÁGUA

4.2.1. ÁGUA SUBTERRÂNEA

O único radionuclídeo natural detectado com atividade acima da AMD foi o Ra-228, sendo a atividade máxima encontrada

Tabela 1: Atividade Mínima Detectável (AMD) para vários tipos de amostras e geometrias de contagem para as análises por espectrometria gama e fluorimetria em meio sólido.

amostra (atividade) radionuclídeo	água (Bq/L)	vegetação (Bq/g _{CINZA})	solo (Bq/g)	sedimento (Bq/g)	aerossóis (Bq/m ³)	gases (Bq/m ³)
Ra-228	0,93	$1,60 \times 10^{-1}$	$7,00 \times 10^{-3}$	$8,30 \times 10^{-3}$	$1,20 \times 10^{-4}$	
Ra-226	3,03	$1,60 \times 10^{-1}$	$4,50 \times 10^{-3}$	$2,50 \times 10^{-3}$	$6,00 \times 10^{-5}$	
Be-7	1,42	$1,50 \times 10^{-1}$	$1,20 \times 10^{-2}$	$3,80 \times 10^{-2}$	$9,00 \times 10^{-5}$	
K-40	6,54	$4,30 \times 10^{-1}$	$4,81 \times 10^{-2}$	$4,90 \times 10^{-2}$	$7,20 \times 10^{-4}$	
Co-60	0,21	$1,56 \times 10^{-2}$	$2,73 \times 10^{-3}$	$2,95 \times 10^{-3}$	$2,64 \times 10^{-5}$	
I-131	0,10	$1,00 \times 10^{-2}$	$1,29 \times 10^{-3}$	$1,35 \times 10^{-3}$	$1,10 \times 10^{-5}$	
Cs-137	0,18	$1,00 \times 10^{-2}$	$1,74 \times 10^{-3}$	$1,95 \times 10^{-3}$	$1,71 \times 10^{-5}$	$2,59 \times 10^{-3}$
massa ou volume da amostra	0,85 L	10 g	100 g	100 g	1000 m ³	1000 m ³
geometria de contagem	frasco Marinelli 860 mL, com tampa	frasco de polietileno 100 g, com tampa	frasco de polietileno 200 g, com tampa	frasco de polietileno 200 g, com tampa	plaqueta de alumínio de 2" de diâmetro e 0,5 mm de espessura	filtro de carvão ativo
tempo de contagem	50000 s	10000 s	10000 s	10000 s	50000 s	10000 s
urânio total	1,0 µg U/L	1,0 µg U/L	1,0 µg U/L	1,0 µg U/L	1,0 µg U/L	—

($2,0 \pm 0,3$) Bq/L. Os resultados das análises para determinação de urânio total mostraram-se todos abaixo da AMD.

4.2.2. ÁGUA DE SUPERFÍCIE

Não foi detectado nenhum radionuclídeo natural com atividade acima da AMD. Todos os resultados das análises para determinação de urânio total mostraram-se abaixo da AMD.

4.3. INDICADORES TERRESTRES

4.3.1. SEDIMENTO DE FUNDO DE RIO

Os únicos radionuclídeos naturais detectados com atividade acima da AMD foram o Ra-226, Ra-228, K-40 e o Be-7, sendo as atividades máximas encontradas ($0,20 \pm 0,02$) Bq/g, ($0,39 \pm 0,04$) Bq/g, ($0,47 \pm 0,08$) Bq/g e ($0,21 \pm 0,012$) Bq/g, respectivamente. Para o urânio total, o maior valor observado foi $3,2 \mu\text{g U/g}$. Não foram observadas diferenças apreciáveis entre as amostras dos diferentes pontos de coleta.

4.3.2. VEGETAÇÃO E SOLO

Os únicos radionuclídeos naturais detectados nas amostras de vegetação com atividade acima da ASDM foram o Ra-228, K-40 e o Be-7, sendo as atividades máximas encontradas ($0,30 \pm 0,02$) Bq/g_{seco}, ($5,8 \pm 0,9$) Bq/g_{seco} e ($1,7 \pm 0,3$) Bq/g_{seco}, respectivamente. Nas amostras de solo foram detectados o Ra-228, Ra-226 e o K-40, sendo os maiores valores observados ($0,14 \pm 0,01$) Bq/g, ($0,13 \pm 0,01$) Bq/g e ($0,36 \pm 0,06$) Bq/g, respectivamente.

Nas análises de urânio total, os maiores valores observados foram $12,7 \mu\text{g U/g}$ para vegetação e $3,9 \mu\text{g U/g}$ para o solo, sendo esses resultados correspondentes ao ponto de coleta localizado próximo à instalação de processamento de compostos de urânio.

4.4. PONTOS DE DESCARGA DO IPEN-CNEN/SP

Não foram detectados radionuclídeos naturais com atividade acima da ASDM. Com relação à análise de urânio total, o maior valor encontrado foi $86,2 \mu\text{g U/L}$, o que está muito abaixo do limite de descarga diário adotado que é de $1,42 \text{ g U/L}$.

5. CONCLUSÕES

Como pode ser verificado o impacto causado no meio ambiente em virtude da liberação de efluentes radioativos líquidos e gasosos pelas instalações do IPEN-CNEN/SP é desprezível. As medidas da monitoração ambiental indicaram que os únicos radionuclídeos detectados nas diferentes amostras coletadas com atividade acima da atividade mínima detectável foram o Ra-228, Ra-226, K-40 e o Be-7, em concentrações da ordem dos níveis de radioatividade natural da região. O valor médio encontrado na medida da radiação direta no meio ambiente com dosímetros TLD-100 foi ($9,4 \pm 2,7$) $\mu\text{C/kg}$, e com os dosímetros TLD-700 foi

(11,0 ± 3,5) µC/kg. Não houve variação significativa entre os resultados encontrados nos diferentes pontos de monitoração e o ponto de controle do branco, cujos valores médios observados foram (4,6 ± 1,4) µC/kg e (9,6 ± 3,1) µC/kg para os dosímetros TLD-100 e TLD-700, respectivamente.

Estes resultados mostraram-se coerentes com aqueles relativos ao cálculo da dose equivalente efetiva nos indivíduos do público «²⁻⁵». De fato, o resultado final da dose decorrente da liberação de efluentes líquidos, gasosos e aerossóis a partir dos dados do "termo-fonte" de 1988 «²⁻⁵» foi inferior a um décimo do limite de dose no grupo crítico estipulado pelas Normas de Proteção Radiológica, que é de 1 mSv/ano «⁴».

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao técnico Marcelo Francis Maduar pela colaboração na elaboração do "termo-fonte" para efluentes gasosos e líquidos e do programa para computador de tratamento matemático dos dados e cálculo da dose equivalente efetiva, ao técnico Jurandyr S. de Carvalho pela coleta e preparo das amostras ambientais e ao técnico Marcelo Bessa Nisti pela análise radiométrica dessas amostras.

BIBLIOGRAFIA

- (1) COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. - Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radioativas. Rio de Janeiro, 1985. (CNEN-NE-6.05-85).
- (2) GORDON, A. M.; JACOMINO, V. M.; SORDI, G. M. - Estimativa das Doses na População Causadas pela Liberação de Efluentes Gasosos por uma Instalação de Produção de Radioisótopos. São Paulo, 1989. (Trabalho a ser publicado na série Publicação-IPEN).
- (3) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. - Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases. Vienna, 1982. (IAEA-SS-57).
- (4) INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. - Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. Oxford, Pergamon, 1977. (ICRP-26).
- (5) JACOMINO, V. M.; GORDON, A. M.; VENTURINI, L. - Avaliação Radiossanitária do Sistema Aquático sob Influência do IPEN-CNEN/SP. São Paulo, 1989. (Trabalho a ser publicado na série Publicação-IPEN).

- (6) MANUAL DE PROCEDIMENTOS PARA EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL DA USINA DE ENRIQUECIMENTO DE URÂNIO ALMIRANTE ÁLVARO ALBERTO, Divisão de Monitoração Ambiental, Departamento de Proteção Radiológica do IPEN-CNEN/SP. São Paulo, 1988. (Informação Privada).