

NUCLEAR ENERGY AND THE ENVIRONMENT  
Rio de Janeiro 27.06.93 - 01.07.93

REFERENCE NUMBER: III.5.

PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL DO CDTN  
por  
Eduardo Gomes Ferreira e Valdivio Damasceno Pêgo  
Pesquisadores

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear  
CNEN  
Belo Horizonte - MG

RESUMO

Este trabalho visa a apresentar o Programa de Monitoração Ambiental (PMA) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN. Este PMA, implantado em 1985, tem como objetivos principais:

- manter um registro contínuo dos efeitos da instalação sobre os níveis de radioatividade ambiental;
- demonstrar a conformidade dos procedimentos adotados com os limites autorizados e exigências legais;
- avaliar a dose real ou potencial de radiação para os grupos críticos e população nas vizinhanças do CDTN, decorrente das atividades desenvolvidas;
- detectar eventuais falhas nos procedimentos de controle de liberação de efluentes, e iniciar medidas corretivas;
- prestar informações ao público em geral.

São descritos os locais de amostragem, tipos de amostras, equipamentos, tipos de análises, frequência de amostragem e análise.

Além disso, é estimada a Dose Equivalente Efetiva Anual para um suposto indivíduo, residente nas imediações do CDTN.

REFERENCE NUMBER: III.S.

PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL DO CDTN  
por

Eduardo Gomes Ferreira e Valdivio Damasceno Pêgo  
Pesquisadores

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear  
CNEN  
Belo Horizonte - MG

RESUMO

Este trabalho visa a apresentar o Programa de Monitoração Ambiental (PMA) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN. Este PMA, implantado em 1985, tem como objetivos principais:

- manter um registro contínuo dos efeitos da instalação sobre os níveis de radioatividade ambiental;
- demonstrar a conformidade dos procedimentos adotados com os limites autorizados e exigências legais;
- avaliar a dose real ou potencial de radiação para os grupos críticos e população nas vizinhanças do CDTN, decorrente das atividades desenvolvidas;
- detectar eventuais falhas nos procedimentos de controle de liberação de efluentes, e iniciar medidas corretivas;
- prestar informações ao público em geral.

São descritos os locais de amostragem, tipos de amostras, equipamentos, tipos de análises, frequência de amostragem e análise.

Além disso, é estimada a Dose Equivalente Efetiva Anual para um suposto indivíduo, residente nas imediações do CDTN.

## 1. INTRODUÇÃO

Em decorrência dos trabalhos realizados no CDTN, são gerados rejeitos sólidos, líquidos e aéreo-transportados, constituindo-se numa fonte potencial de contaminação do meio ambiente.

A liberação desses rejeitos/efluentes no meio ambiente é feita de forma a atender às exigências dos órgãos normativos e fiscalizadores.

Em atendimento a essas exigências legais, o CDTN opera, desde 1985, um Programa de Monitoração Ambiental - PMA, cujos principais objetivos são:

- manter um registro contínuo dos níveis de radioatividade ambiental nas vizinhanças do CDTN, visando a avaliação dos efeitos ambientais decorrentes das atividades desenvolvidas;
- demonstrar a conformidade dos procedimentos adotados com os limites autorizados e exigências legais;
- avaliar a dose real ou potencial de radiação para os grupos críticos e população nas vizinhanças do CDTN;
- detectar eventuais falhas nos procedimentos de controle de liberação de efluentes, e iniciar medidas corretivas;
- prestar informações ao público em geral.

O planejamento, a execução e o acompanhamento do PMA são feitos de acordo com a norma CNEN-NE-3.02, "Serviços de Radioproteção", item 6.3. No caso de situações não previstas nesta Norma, são adotados os princípios e orientações descritos na publicação "Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population", Annals of ICRP - vol 15 nº 1, 1985 (ICRP - 43).

## 2. DESCRIÇÃO DO LOCAL E VIZINHANÇAS

### 2.1 Localização

As instalações do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN estão localizadas na zona norte do Município de Belo Horizonte, junto ao Campus da UFMG e à áreas do Ministério do Exército, distando cerca de 6 km do centro da cidade de Belo Horizonte e 1,5 km da Lagoa da Pampulha.

A propriedade do CDTN abrange uma área de terra de 240.890m<sup>2</sup>, com 28.731m<sup>2</sup> de área construída. A área não construída e não urbanizada do CDTN caracteriza-se por possuir topografia um pouco acidentada, com a ocorrência de pequenas ondulações, estando os seus terrenos situados em altitudes que variam entre as cotas de 810m e 855m. Esta área natural é constituída por arbustos de pequeno porte, possuindo alguns pontos com vegetação mais densa e de maior porte. As terras adjacentes ao CDTN não são utilizadas para atividades agrícolas.

## 2.2 Demografia

A área circunvizinha ao CDTN, num raio de 0,8 km, é constituída, quase que na sua totalidade, por terrenos pertencentes ao Campus da UFMG. Existe população residente apenas nas instalações da 4ª Companhia de Comunicação do Exército, situadas ao sul da área do CDTN.

As áreas adjacentes ao Campus da UFMG já estão completamente urbanizadas e são cortadas por importantes vias de tráfego urbano, as quais possuem grande fluxo diário de veículos. A malha urbana que compreende os bairros vizinhos ao CDTN e à UFMG, na chamada região da Pampulha, possuía, em 1981, uma população residente urbana de 37473 habitantes. A população máxima flutuante (1981) na vizinhança do CDTN (raio de 1 km) que na sua maioria, frequênta locais turísticos, de lazer e de ensino foi de 168.000. Oitenta por cento (80%) deste total correspondem a frequêntadores do Estádio de futebol (Mineirão).

## 2.3 Meteorologia

Na análise da meteorologia local foram usados dados coletados no Aeroporto da Pampulha e na Estação meteorológica do Ministério da Agricultura.

### Ventos

Prevalece na região o vento de leste (20%), com velocidade entre 2 m/s e 3 m/s. A percentagem de ventos calmos é bem alta (40%). A percentagem do vento do quadrante oeste é bem baixa (aproximadamente 10%).

### Temperatura do Ar na Superfície

A temperatura anual média é de aproximadamente 20,5 °C. A média anual das mínimas é 16,0 °C e a média anual das máximas é de 26,5 °C.

A temperatura máxima absoluta registrada no período de 1910 a 1981 foi de 36,8 °C, enquanto que a temperatura mínima absoluta registrada no mesmo período foi de 2,2 °C.

### Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa média anual é 70%. No período de inverno o valor médio é de 65% e no verão, de 75%.

### Precipitação Pluviométrica

A precipitação pluviométrica total anual média é de 1500 mm. Cerca de 90% desse total ocorrem no período que vai de

outubro até março. O tipo de precipitação está associado ao período sazonal.

#### Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica média anual é de 917,0 mbar, medida na altitude da estação, que é de 915 m.

#### 2.4 Hidrologia

A área do CDTN situa-se na bacia hidrográfica do Córrego do Engenho Nogueira, tendo um divisor de águas com a bacia do Córrego do Mergulhão.

O córrego do Engenho Nogueira situa-se a nordeste do CDTN e é afluente da margem direita do Ribeirão Pampulha. Já o Córrego do Mergulhão situa-se a sudoeste do CDTN, sendo um dos mananciais formadores da Lagoa da Pampulha, de cujo extravasor fluem as águas do Ribeirão Pampulha, tributário do Córrego do Onça, afluente do Rio das Velhas.

A drenagem das águas pluviais e o esgoto sanitário da área do CDTN são lançados na direção da bacia do córrego do Engenho Nogueira.

Com relação à água subterrânea, existem na área do CDTN dois aquíferos. O superior apresenta característica de aquífero livre e o inferior de semiconfinamento. O movimento destas águas se processa provavelmente no sentido dos vales.

Existe um poço de água subterrânea perfurado no CDTN, que atua como fonte auxiliar de abastecimento, no caso de interrupção do fornecimento de água pela COPASA.

### 3. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL DO CDTN

Com base nas informações referentes ao local (CDTN e vizinhanças) e na descrição dos rejeitos gerados, elaborou-se o Programa de Monitoração Ambiental. Neste Programa são especificados os locais de amostragem, tipos de amostras, equipamentos, análises, frequência de amostragem e análise, a fim de se medir os níveis de radiação e de contaminação radioativa que possam afetar os indivíduos do público. Na figura 1 são mostrados os locais de amostragem previstas no PMA do CDTN.

#### 3.1 Caminhos críticos de exposição

O principal caminho de exposição do homem aos contaminantes eventualmente liberados pelo CDTN é por via aquosa através do Córrego Engenho Nogueira, que recebe os efluentes do CDTN.

No percurso do Córrego Engenho Nogueira, desde o CDTN até o Rio das Velhas, não se tem notícia de uso doméstico da água dos referidos córregos e ribeirão. No entanto, sabe-se que a água é utilizada, eventualmente, para recreação.

Outro caminho de exposição considerado é por via aérea, especialmente quando é maior a demanda de trabalhos de beneficiamento de minérios pela Usina Piloto existente no CDTN.

A direção de maior frequência dos ventos na região é de leste para oeste. Este setor constitui um caminho crítico de exposição da radiação ao homem.

O PMA foi elaborado considerando estes dois caminhos críticos de exposição, nos quais se colocou maior número de pontos de amostragem.

### 3.2 Programa de amostragem e medidas

Os níveis de radiação e de contaminação são levantados através da monitoração de:

Ar: - aerossol, trítio no vapor da água da atmosfera, água de chuva e exposição de radiação gama

Água: - água de superfície, sedimentos, água subterrânea e água potável

Solo: - camada superficial do solo

Plantas: - vegetação forrageira

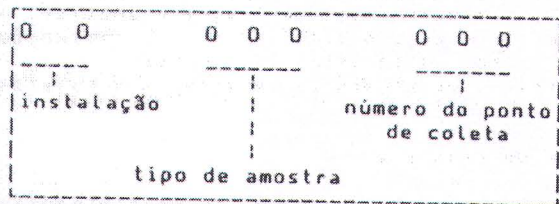
Radiação gama

### 3.3 Programa de análises

O programa de análises fundamenta-se na análise dos radionuclídeos mais críticos, ou seja, aqueles que, provavelmente, contribuem para uma maior dose anual por ingestão, inalação ou radiação externa. Desta forma, são analisados U-238; Th-232; Ra-226; Ra-228 e Pb-210.

### 3.4 Codificação das amostras

As amostras são codificadas segundo o formato:



## 4. AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

As concentrações de radionuclídeos monitorados nas vizinhanças do CDTN, desde 1985 até o presente, estão, de

um modo geral, bem abaixo dos limites fixados pelas normas ambientais vigentes, não constituindo riscos ao público que vive nas imediações.

A título de exemplo, tomaram-se os resultados de análise obtidos no mês de janeiro de 1993, com os quais se calculou a Dose Equivalente Efetiva Anual que um suposto indivíduo do Público receberia nas imediações do CDTN. Para esta avaliação foram feitas as seguintes suposições:

a) considerou-se que os resultados analíticos do mês de janeiro de 1993 são representativos para se determinar a Dose Anual;

b) o indivíduo permanece nas imediações do CDTN na direção preferencial dos ventos, durante 24 horas por dia, estando portanto exposto à radiação externa e aos aerossóis durante todo esse período;

c) o indivíduo ingere a água "in natura" do Córrego da Pampulha;

d) os radionuclídeos críticos considerados na avaliação da dose por ingestão foram o Th-232, U-238, Pb-210, Ra-226 e Ra-228;

Na tabela 1 são apresentados os valores de Dose encontrados bem como os resultados analíticos utilizados nos cálculos. A dose foi calculada para o corpo inteiro, utilizando-se o modelo de cálculo proposto no Regulatory Guide 3.51.12. Os fatores de dose utilizados foram extraídos das referências 19/, 11/ e 12/.

Verifica-se, pela tabela 1, que a Dose Anual recebida pelo suposto indivíduo do Público nas condições citadas é de 0,62 mSv/ano.

Admitindo-se um "background" para a região do CDTN igual àquela para áreas consideradas "limpas" ou seja, 0,52 mSv/ano (6mR/hora), deduz-se que a contribuição do CDTN na Dose total (0,62 mSv/ano) seria de 0,10 mSv/ano.

Considerando que a população vizinha mais significativa é constituída de estudantes, cujo tempo de permanência máximo provável nas imediações é de 8 horas/dia, verifica-se que a Dose Efetiva recebida é 1/3 da encontrada, isto é; 0,03 mSv/ano.

## 5. CONCLUSOES

De um modo geral, os resultados obtidos com a operação do PMA do CDTN são baixos, oscilando em torno do "background" da região.

Os valores de Dose Equivalente Efetiva Anual encontrados são extremamente baixos, e a parcela mais significativa da Dose se deve à radiação externa.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 11/ COMISSAO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes básicas de radioproteção. Rio de Janeiro, 1988. (CNEN-NE 3.01).
- 12/ COMISSAO DE POLITICA AMBIENTAL - COPAM. Legislação ambiental. Belo Horizonte, 1986.
- 13/ EUA. Nuclear Regulatory Commission. Radiological effluent and environmental monitoring at uranium mills. Washington D.C., 1980 (RE/G. 4.14).
- 14/ EUA. Nuclear Regulatory Commission. Preparation of environmental reports for Nuclear Power Instalations. Washington D.C., 1975. (RE/G 4.2).
- 15/ COMISSAO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Serviços de Radioproteção. Norma CNEN-NE-3.02. Julho - 1988. Rio de Janeiro.
- 16/ INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the population. Annals of ICRP = vol 15 n.1. Oxford, Pergamon, 1985 (ICRP-43).
- 17/ FERREIRA, E.G. Programa de monitoração ambiental do Centro de Desenvolvimento da tecnologia Nuclear. DERL.PD 022/85, Belo Horizonte, 1985.
- 18/ EUA. U.S. Department of health, education and welfare. Radiological health handbook. Washington D.C., 1980.
- 19/ INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Limits for intakes of radionuclides by workers. Oxford, Pergamon, 1982 (ICRP-30 part 1).
- 110/ BRASIL. Ministério da Agricultura. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas - 1910/1991. Belo Horizonte, 1982.
- 111/ Institut für Strahlen Hygiene des Bundesgesundheitsamt Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion vom Radionuklidverbindungen April 1985
- 112/ EUA Nuclear Regulatory Commission. Calculation models for estimating radiation doses to man from airborne radioactive materials resulting from uranium milling operations. Washington D.C., 1982 (RE/G 3.51)



Tabela 1

Avaliacao da dose equivalente efetiva  
anual por ingestao, inalacao e radiacao  
externa para um suposto individuo nas  
imediacoes do CDTN

RADIOMUCLEIDO	U - 238	Ra - 226	Pb - 210	Th - 232	Ra - 228
CONCENTRACAO NO AR (mBq/m <sup>3</sup> )	0,81 +/- 0,81	0,81 +/- 0,1	0,3 +/- 0,1	0,007 +/- 0,003	0,2 +/- 0,1
FATOR DE DOSE POR INALACAO (Sv/Bq)	$3,2 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-6}$	$3,1 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-6}$
DOSE POR INALACAO (mSv/ano)	$2,3 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-4}$	$0,1 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-2}$
CONCENTRACAO NA AGUA (Bq/l)	0,84 +/- 0,84	0,81 +/- 0,81	0,84 +/- 0,85	0,81 +/- 0,81	0,83 +/- 0,83
FATOR DE DOSE POR INGESTAO (Sv/Bq)	$6,9 \times 10^{-8}$	$13,6 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-6}$	$7,4 \times 10^{-7}$	$3,8 \times 10^{-7}$
DOSE POR INGESTAO (mSv/ano)	$2,2 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-3}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-2}$	$9,1 \times 10^{-2}$

Dose Externa (mSv/ano)

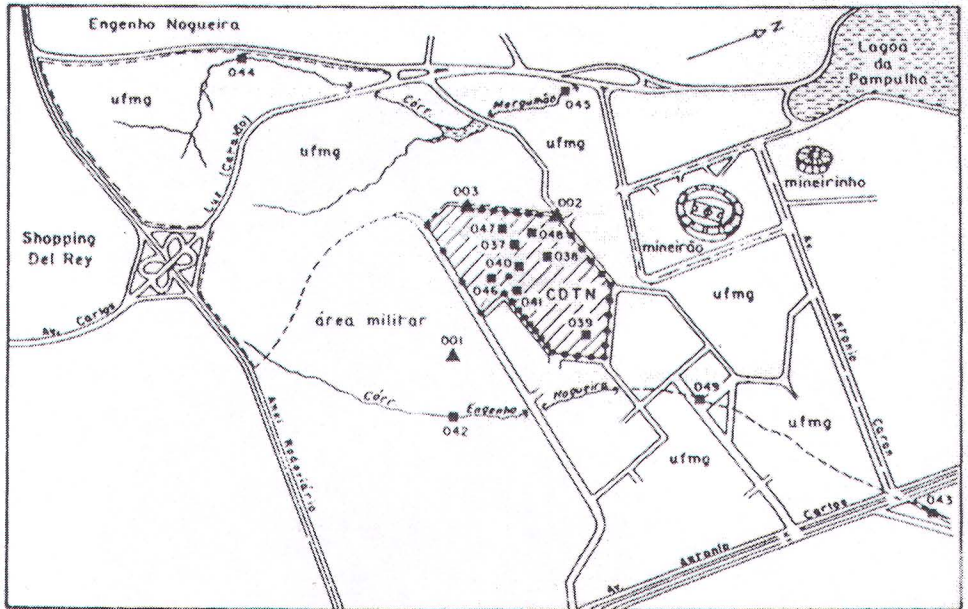
0,52

Dose Total (mSv/ano)

0,62

Tabela 2 - Programa de Monitoração Ambiental  
do CDTN

Tipo de Amostra/Medida	Amostragem				Análise	
	No. loc.	Frequencia	Equipamento/ Coletor	Volume/ Quantid.	Tipo de Análise	Frequen.
Aerossol	3	mensal	Amostrador Hi-vel, filtro fibra de vidro	amostra- gem por 30 horas	$\alpha, \beta$ total, U-238 Ra-226, Ra-228 Pb-210 e Th-232	mensal
Tritio no ar	3	Contínua, depen- dendo da taxa de evaporação	Frasco de po- lietileno de 10 litros	Mínimo de 8 litros	Tritio	trimest
Água de Chuva	3	Contínua, depen- dendo do índi- ce de chuvas	Pluviometro	Mínimo de 0,5 lit.	$\alpha$ e $\beta$ total K-40	mensal depend. de chuva
Radiação Gama	36	Trimestral	Dosímetros termo-lumines- cente (TLD)		Dose de radiação gama integrada	trimest.
Efluente líquido	6	Mensal, depen- dendo da geração	Frasco de Polietileno	5 litros		mensal
Água de Superfície	4	Mensal	Frasco de Polietileno	5 litros		mensal
Sedimentos	4	Trimestral	Pa de jardi- neiro e saco plástico	1,5 kg	$\alpha, \beta$ total, U-238 Ra-226, Ra-228 Pb-210, Th-232 e K-40	trimest.
Água Subterrânea	2	Trimestral	Frasco de Polietileno	5 litros		trimest.
Solo	3	Anual	Pa de jardi- neiro e saco plástico	1,5 kg		anual
Plantas	3	Anual	Tesoura de jardineiro e saco plástico	5 kg		anual



• TLD

▲ AR, ÁGUA DE CHUVA E TRÍTIO

■ ÁGUA DE SUPERFÍCIE, ÁGUA POTÁVEL, ÁGUA SUBTERRÂNEA E ESGOTO INDUSTRIAL

FIG. I - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM E MEDIDAS