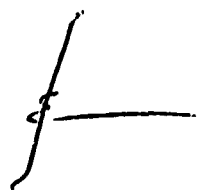


PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL DO CENTRO
DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

Eduardo Gomes Ferreira

CATN - DERL.PD-022/85

Setembro/85


A handwritten signature in black ink, consisting of a vertical stroke on the left and a horizontal stroke on the right, with a small loop at the top of the vertical stroke.

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A. - NUCLEBRÁS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR
DEPARTAMENTO DE RADIOPROTEÇÃO E APOIO AO LICENCIAMENTO

PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL DO CENTRO
DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

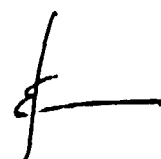
Autor: Eduardo Gomes Ferreira

Belo Horizonte - BRAZIL
Setembro - 1985

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials 'E.G.F.' or similar, located in the bottom right corner of the page.

LISTA DE DISTRIBUIÇÃO

Exemplar nº 1	- SUPED
Exemplar nº 2	- ASLI.PR
Exemplar nº 3	- DERL.PD
Exemplar nº 4	- DIEAM.PD
Exemplar nº 5	- DIRAP.PD
Exemplar nº 6	- DIALI.PD
Exemplar nº 7	- DIQUI.PD
Exemplar nº 8	- DITRR.PD
Exemplar nº 9	- GTGQ.PD
Exemplar nº 10	- SETRAB.PD
Exemplar nº 11	- ARQUIVO DIEAM.PD

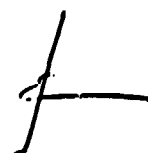


ÍNDICE

PÁGINA

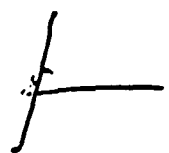
LISTA DE FIGURAS

1.	INTRODUÇÃO	1.
2.	CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO VIZINHA AO CDTN {7,8,9,10}	4.
2.1	Geografia e Demografia	4.
2.2	Meteorologia	6.
2.3	Hidrologia	6.
3.	CARACTERIZAÇÃO DOS REJEITOS DO CDTN	14.
3.1	Rejeitos Sólidos {7,11}	14.
3.2	Rejeitos Líquidos	16.
3.3	Rejeitos Aero-Transportados {12,13,14,15}	16.
3.4	Tratamentos de Rejeitos	19.
4.	PROGRAMA DE MONITORAÇÃO {3,5,6}	28.
4.1	Caminhos Críticos de Exposição	28.



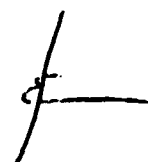
	PÁGINA	
4.2	Programa de Amostragem e Medições	30.
4.2.1	Monitoração do Ar	31.
4.2.2	Monitoração da Água	33.
4.2.3	Monitoração de Solo e Plantas	36.
4.3	Programa de Análises	36.
4.4	Síntese do Programa e Apresentação dos Resultados.	37.

REFERÊNCIAS



LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 2.1 - Distribuição Setorial da População Residente entre 0 a 15 km do CDTN.	10.
FIGURA 2.2 - Média Mensal e Anual de Temperatura Média, Máxima e Mínima - Belo Horizonte - 1931 a 1960.	11.
FIGURA 2.3 - Curva de Precipitação Total e de Máxima Diária - Belo Horizonte - 1931 a 1960.	12.
FIGURA 2.4 - Rosa dos Ventos - Belo Horizonte / 1974.	13.
FIGURA 3.1 - Tipos de Rejeitos Produzidos nas Etapas do Beneficiamento do <u>Min</u> ério de Urânio de Itataia.	20.
FIGURA 4.1 - Localização dos Pontos de Amostragens e Medidas.	44.

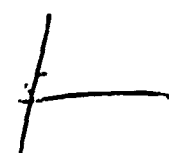


**PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL DO
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR**

1. INTRODUÇÃO

Por decisão da Diretoria Executiva da NUCLEBRÁS, o Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR) de Belo Horizonte foi transformado em 1977 no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) da NUCLEBRÁS. Ao CDTN, órgão diretamente subordinado à Superintendência Geral de Pesquisa e Desenvolvimento (SUPED), foi atribuído, dentre outros, o objetivo de dominar e desenvolver a tecnologia de reatores e do ciclo de combustíveis nucleares, para dar suporte à NUCLEBRÁS e Subsidiárias na implantação do Programa Nuclear.

Em função dos trabalhos realizados nos diversos setores do CDTN, são gerados certos materiais que, por sua natureza, são classificados como rejeitos, sejam radioativos ou não radioativos. Tais rejeitos constituem uma fonte potencial de contaminação do meio ambiente, podendo assim, causar riscos, diretos ou indiretos, ao homem. Nestas condições, eles devem ser devidamente armazenados e tratados, sendo que sua liberação no ambiente deve atender, em particular às exigências dos órgãos normativos e fiscalizadores: Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) ^[1], para os rejeitos radioativos, Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) e Comissão de Política Ambiental (COPAM) ^[2], para os contaminantes não radioativos.



Este Programa de Monitoração Ambiental (PMA) do CDTN foi elaborado com o propósito de se levantarem da dos que permitam [3,4] :

. Verificar se a liberação dos rejeitos radioativos pelo CDTN se conforma ao princípio básico de radioproteção de que as doses de radiação recebidas pelo homem devam ser tão baixas quanto razoavelmente exeqüível e, em particular, abaixo dos limites estabelecidos por normas;

. Estimar o eventual acréscimo de contaminantes no ambiente em decorrência da operação do CDTN, ou seja, avaliar o impacto ambiental causado pela operação do Centro;

. Verificar a adequação dos procedimentos utilizados para controle dos efluentes do CDTN;

. Estimar as doses máximas de radiação que indivíduos do público poderão receber anualmente, em consequência dos efluentes liberados pelo CDTN.

Este Programa estabelece, em particular:

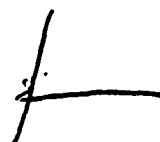
..

. a natureza das amostras a serem coletadas;

. a localização dos pontos de amostragem;

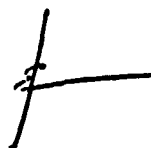
. o tipo de análise a ser efetuada em cada amostra;

. as freqüências de amostragem e análise;



. a forma de apresentação dos resultados.

..

A handwritten mark consisting of a vertical line with a horizontal stroke across it, resembling a stylized 'F' or a signature.

2. CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO VIZINHA AO CDTN [7,8,9,10]

2.1 Geografia e Demografia

As instalações do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear estão localizadas na zona norte de Belo Horizonte, junto ao Campus da UFMG, distando cerca de 1,5 km da Represa da Pampulha e 6,0 km do centro da cidade. Conforme se pode observar na Figura 4.1, a área é limitada a norte pela Rua Prof. Moacir Gomes de Freitas e faixa de área verde da UFMG, a nordeste pela área verde que se estende até a rua Prof. Giorgio Schreiber (onde se localiza o Restaurante Setorial II), a leste pela rua Prof. Samuel Caetano Jr. e pela Rua Prof. Mário Werneck, a sul pela área do Ministério do Exército e a sudoeste pelos terrenos destinados à implantação da reserva ecológica da UFMG.

A propriedade do CDTN abrange uma área de 241.000 m², com 25.000 m² de área construída.

A área do CDTN caracteriza-se por possuir uma topografia pouco acidentada, com a ocorrência de pequenas ondulações, estando os seus terrenos em altitudes que variam entre as cotas de 825 m a 855 m.

A parte não construída e não urbanizada é constituída de áreas verdes, caracterizada por arbustos de pequeno porte, possuindo em alguns pontos um aspecto um pouco mais denso.

A área do Campus da Cidade Universitária carac



teriza-se também por alguns espaços verdes, que se intensificam mais ao sul e a sudoeste. As áreas adjacentes ao Campus já estão completamente urbanizadas.

A área circunvizinha ao local do CDTN, num raio de 1,5 km, é constituída em quase toda a sua totalidade por terrenos pertencentes ao "Campus" da UFMG. Existe população residente apenas nas instalações do Colégio Militar de Belo Horizonte e da 4ª Companhia de Comunicação.

O setor que compreende os bairros vizinhos ao CDTN, na chamada região da Pampulha, possuía, em 1981, cerca de 37.473 habitantes. As aglomerações urbanas mais próximas ao local, com população residente, estão situadas a partir do anel de raio 0,9 km. Referem-se aos bairros São Francisco (0,9 km SE), Ouro Preto (1,1 km W), São José (1,1 km N), Bandeirantes (1,2 km NW), Liberdade (1,4 km NE), Indaiá (1,4 km E) e São Luiz (1,5 km N).

A Figura 2.1 mostra a distribuição da população por setores num raio de 0 - 15 km do CDTN.

A Tabela 2.1 apresenta a capacidade máxima da população flutuante nas vizinhanças do CDTN e que, em sua maioria, frequenta locais turísticos e de lazer, tais como o conjunto paisagístico da Lagoa da Pampulha, clubes sociais e esportivos (náuticos, inclusive), o Estádio Majalhões Pinto e Palácio dos Esportes, o Centro Esportivo Universitário, o Jardim Zoológico e outros.

2.2. Meteorologia

O clima da região é relativamente seco, com baixas nebulosidades no inverno. A temperatura oscila entre 13 e 29°C, muito embora durante a maior parte do ano, a oscilação esteja entre 16 e 26°C; já se observou mínima de 4,4°C e máxima de 36°C. A Figura 2.2 mostra as variações de temperatura por um período de registro de 30 anos.

A precipitação anual média é de 1.500mm. Deste total, 89% das chuvas ocorre no período de outubro a março. A Figura 2.3 mostra a curva de precipitação total e máxima diária no período de 30 anos.

Os ventos sopram predominantemente de leste para oeste, registrando-se, no entanto, uma alta frequência de ventos calmos. Observa-se também uma certa percentagem de ventos de NE para SW e SE para NW. As outras direções apresentam ventos de baixa frequência. A Figura 2.4, mostra as rosas dos ventos obtidas a partir de dados registrados na estação meteorológica do Aeroporto da Pampulha, a 3 km do CDTN, aproximadamente.

2.3 Hidrologia

A área do CDTN é drenada por dois córregos: um a sudoeste do CDTN, chamado Córrego do Mergulhão e outro a nordeste chamado Córrego do Engenho Nogueira.

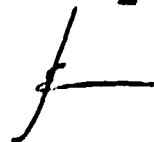
O Córrego do Mergulhão é represado em um peque no açude a montante da Escola de Educação Física, para onde são drenadas as águas de chuva que caem nas proximi dades da Usina Piloto de Tratamento de Minério do CDTN. Ele é tributário da Lagoa da Pampulha.

O Córrego do Engenho Nogueira percorre 1.500m dentro do Campus, canalizado em todo este percurso; é a fluente do Ribeirão Pampulha a jusante da Lagoa, nas pro ximidades do Aeroporto. A maior parte das águas plu viais e os esgotos sanitários do CDTN são descarregados neste córr.go.

Na Figura 4.1, podem-se ver detalhes da rede de drenagem destes córregos.

Na região próxima ao CDTN encontram-se instala dos dez poços tubulares de água subterrânea: cinco deles dentro da Cidade Universitária, dois no Colégio Militar, dois no CDTN e um no Campus Ecológico da UFMG. Os poços do Campus que estão em operação são os do Colégio Técni co e do Instituto de Química; a água desses poços é bom beada para o reservatório próximo ao restaurante Seto rial II e daí abastece grande parte da Cidade Universitá ria.

O poço artesiano do CDTN atua como fonte auxi liar de abastecimento, sendo bombeado apenas no caso de interrupção no fornecimento da água da COPASA. A água deste poço é bombeada para um reservatório próximo à Usi na Piloto de Tratamento de Minério; atualmente não é uti lizada como água potável, pois apresentou toores eleva



dos de coliformes fecais, provavelmente devido à infiltração proveniente de três grandes fossas construídas nas antigas instalações do Lar Dom Crione.

f

Tabela 2.1 - Capacidade Máxima da População Flutuante nas Vizinhanças do CDTN.

INSTALAÇÕES	POPULAÇÃO MÁXIMA (1)	DISTÂNCIA (2) (KM)
1. Campus da UFMG	9.900	0,0
2. Centro Esportivo Universitário	1.600 (3)	1,0
3. Estádio Magalhães Pinto	130.000	1,0
4. Palácio dos Esportes	25.000	1,2
5. Colégio Militar de Belo Horizonte	1.400	1,0
6. 4ª Companhia de Comunicação	- (4)	0,2
T O T A L	167.900	

(1) - Dados fornecidos pelas instituições (1982)

(2) - Distância linear aproximada ao local.

(3) - Número máximo de usuários já registrado nos sábados e domingos.

(4) - ,Dado não liberado pelo M.E.

F

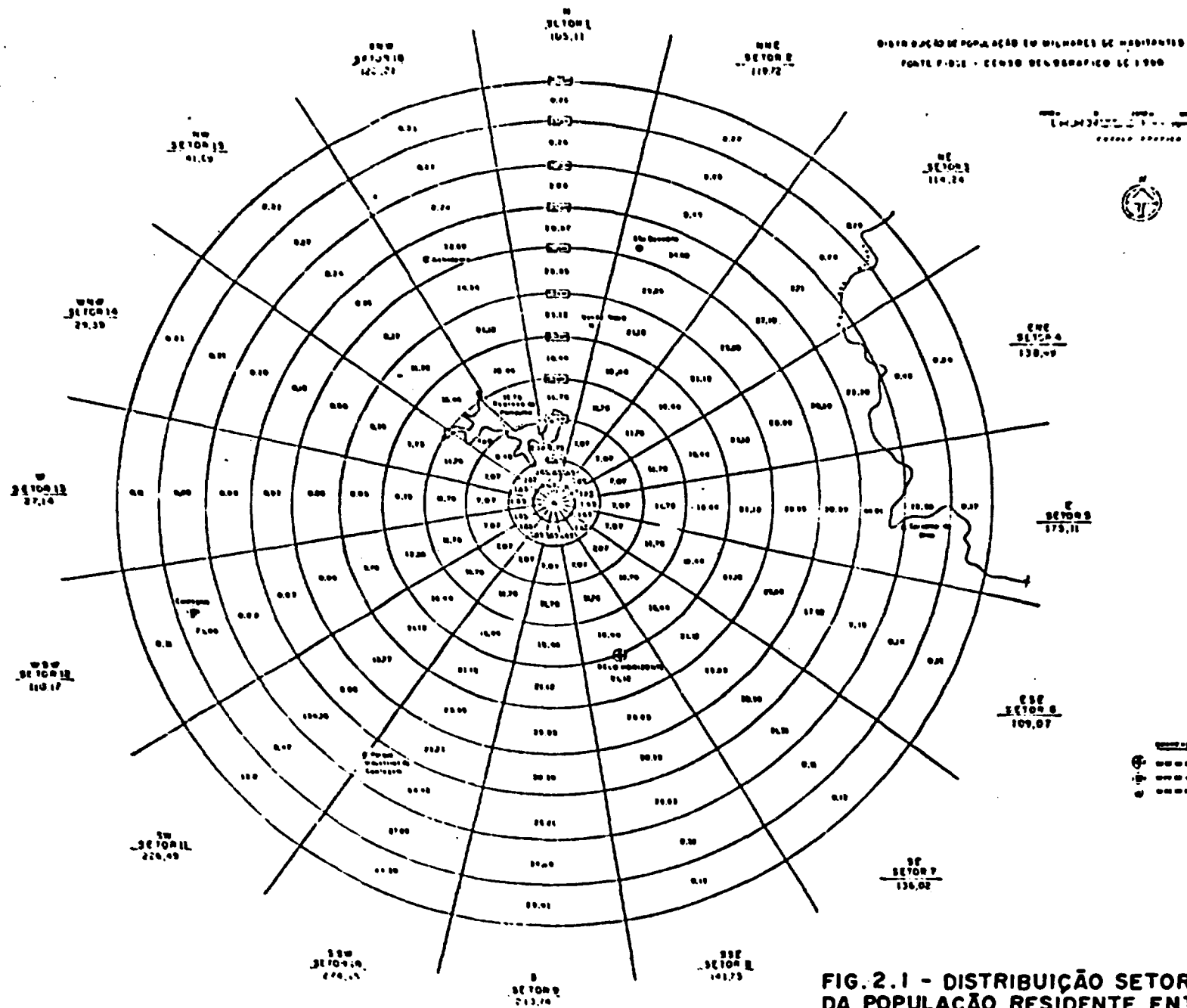


FIG. 2.1 - DISTRIBUIÇÃO SETORIAL DA POPULAÇÃO RESIDENTE ENTRE 0 A 15 Km DO CDTN

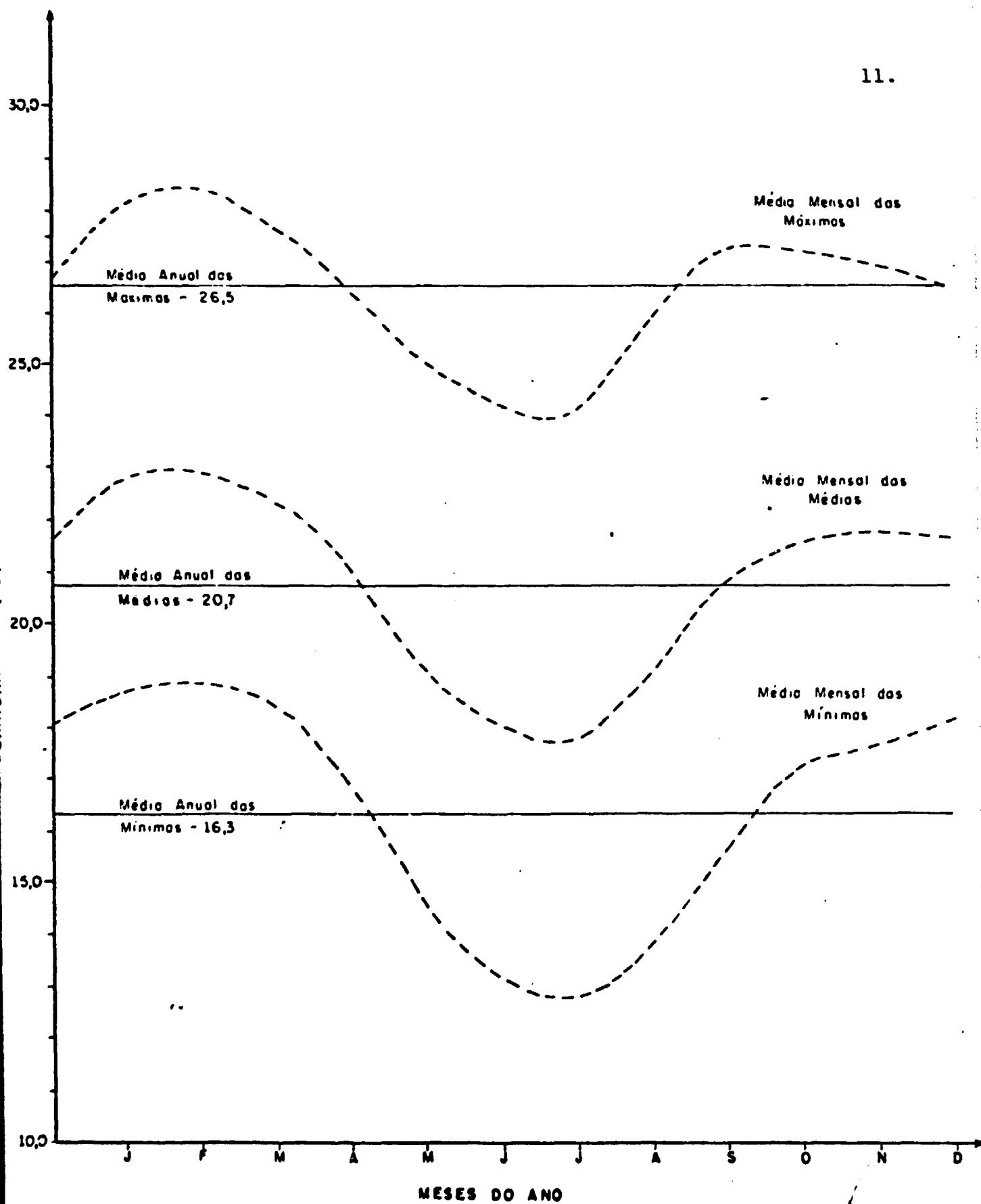


FIG.2.2 - MÉDIA MENSAL E ANUAL DE TEMPERATURA MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA Belo Horizonte - 1931 e 1960

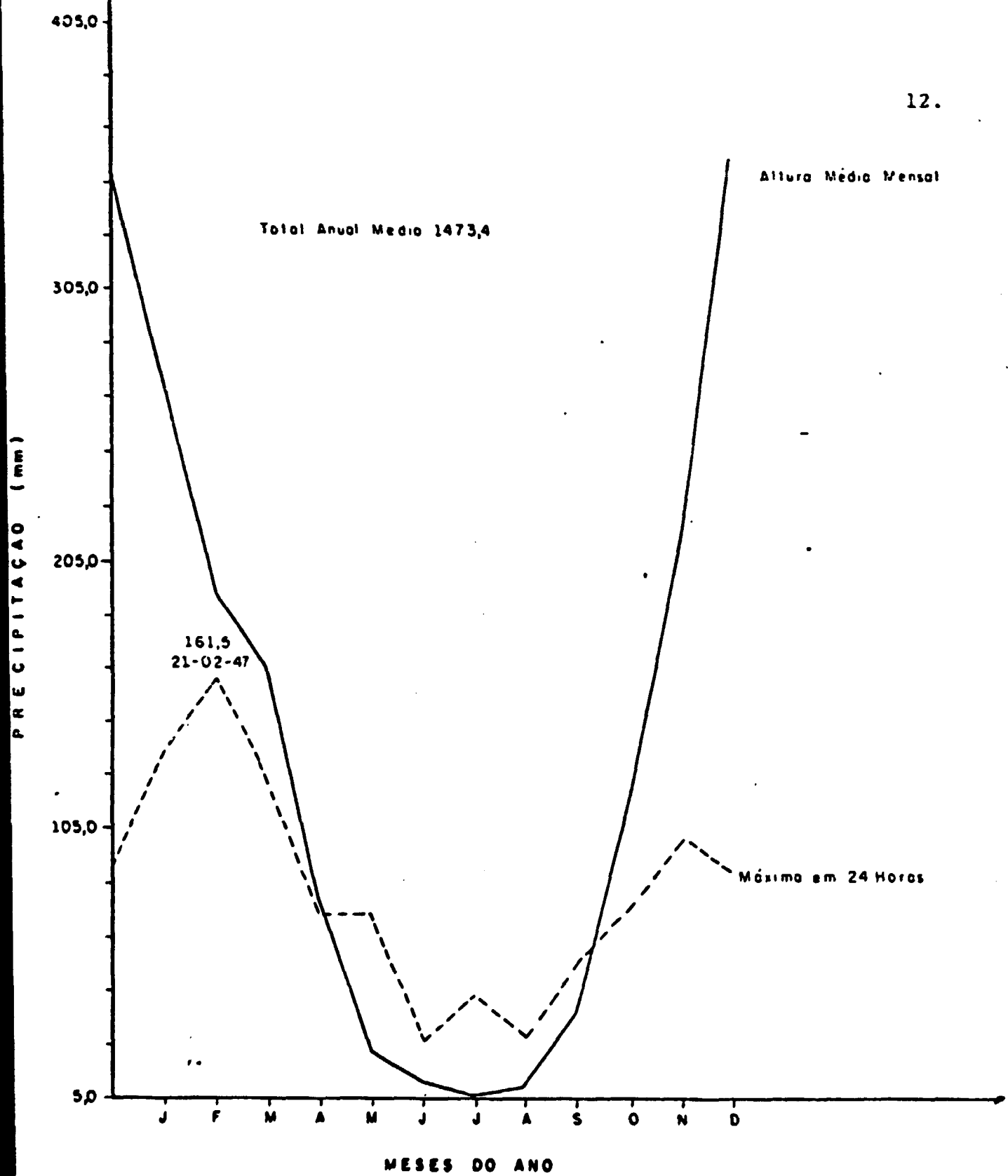


FIG. 2.3 - CURVA DE PRECIPITAÇÃO TOTAL E DE MÁXIMA DIÁRIA

3. CARACTERIZAÇÃO DOS REJEITOS DO CDTN

3.1 Rejeitos Sólidos [7,11]

Os rejeitos sólidos produzidos no CDTN podem ser subdivididos em compressíveis, como papéis, luvas, filtros usados, vidraria, etc e não-compressíveis, como tubos de PVC, tubos metálicos e sucatas em geral. Estes rejeitos são coletados separadamente, estocados em tambores de 200 litros e posteriormente transportados para o galpão de tratamento de rejeitos. São originados em laboratórios através do manuseio de materiais contaminados, da limpeza de superfícies contaminadas, de porta-amostras radioativas, roupas, luvas, etc.

As operações de beneficiamento físico de minérios uraníferos, realizados na Usina Piloto do Departamento de Tecnologia Mineral constituem uma segunda grande fonte de rejeitos sólidos. Estes rejeitos estão na forma de lamas, gesso e outros materiais sólidos contaminados, estocados temporariamente em tanques para decantação, posteriormente armazenados na antiga piscina, e finalmente enviados para a bacia de rejeitos do CIPC. Provavelmente o gesso (CaSO_4) estocado contém grande quantidade de rádio, visto que Ra e Ca possuem propriedades semelhantes.

A Figura 3.1 mostra os tipos de rejeitos produzidos nas etapas de processamento de minérios.

A Divisão de Estudos Mineraiis do CDTN analisou em 1982 uma média de 4200 amostras/mês, através de métodos físicos de análises. O substrato das amostras de baixa ativi

dade e o material que sobra do preparo são posteriormente rejeitados como lixo comum; as amostras de atividades maiores são estocadas como rejeito.

Rejeitos sólidos encontram-se ainda estocados nas instalações do Grupo Técnico de Garantia da Qualidade, onde as amostras analisadas são arquivadas.

Outro local de produção de rejeitos sólidos é o Laboratório do Reator; tais rejeitos estão assim distribuídos:

- . Cerca de 60.000 tubos de polietileno/ano contendo aproximadamente 1g de minério de urânio irradiado em cada tubo. Atividade da ordem de μCi /tubo.
- . Cerca de 15.000 tubos de polietileno/ano contendo metais, ligas e minérios irradiados. Atividade da ordem de mCi .
- . Cerca de 500 tubos de polietileno/ano contendo amostras de sangue irradiado. Atividade da ordem de mCi .

Os tubos irradiados estão estocados em tambores de 200 litros, de plástico em sala fechada próxima ao reator, ou numa antiga caixa d'água, próxima ao campo de futebol do CDTN.

Na Tabela 3.1 resumem-se os dados que caracteri



zam os rejeitos sólidos produzidos no CDTN quanto ao tipo, quantidade, composição, local de geração e forma de estocagem.

3.2 Rejeitos Líquidos

A grande demanda de trabalhos em laboratórios analíticos gera, como consequência, grandes quantidades de rejeitos líquidos, os quais são estocados em bombonas para posterior tratamento, ou liberados no esgoto. Atualmente estão estocados cerca de 400 litros de rejeitos, num total de 60 bombonas, de natureza radioativa e não-radioativa, cuja composição é extremamente variada, uma vez que reúnem rejeitos de diversos tipos de análises.

Uma grande quantidade de rejeitos líquidos é também gerada nos trabalhos de beneficiamento de minérios uraníferos. Os processos físicos e químicos de tratamento geram efluentes líquidos contendo fósforos, urânio, ferro, alumínio, etc.

A Tabela 3.2 apresenta dados aproximados referentes ao levantamento de todos os tipos e quantidades de rejeitos líquidos produzidos no CDTN, separados por laboratórios e prédios.

3.3 Rejeitos Aero-Transportados (12,13,14,15)

As operações de preparação primária do minério de urânio, ou seja, britagem, moagem, peneiramento, homogeneização, retomadas, transporte e alimentação da Usina Pi

loto de Tratamento Físico, geram significativa quantidade de particulados, que são transportados pelo ar para as vizinhanças do CDTN. As poeiras e aerossóis assim formados contêm radionuclídeos das séries do U-238, U-235 e Th-232 (baixo teor). As Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5, apresentam dados referentes aos radionuclídeos de cada uma destas séries.

Na Usina Piloto de Produção de Ácido Fosfórico, são exalados vapores de ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido fluorídrico e SO_x .

Na Usina Piloto de Enriquecimento, circula uma mistura gasosa de UF_6 5 mol % e He 95 mol %, a uma pressão inferior à pressão atmosférica. Deste modo, em caso de acidente a probabilidade de liberação de UF_6 é pequena. Caso ocorresse, seriam também gerados no ar o HF e fluoretos provenientes da reação do hexafluoreto com a água atmosférica.

Quanto ao reator IPR-R1, produtos de fissão gasosos, normalmente retidos nos elementos combustíveis, poderiam ser liberados para a atmosfera em caso de acidentes, tais como: queda do elemento combustível no poço do reator, ruptura do revestimento do elemento combustível, etc. Os principais produtos de fissão gasosos produzidos são I-131, Kr-85 e Xe-131. Outros radionuclídeos liberados são aqueles provenientes das irradiações da água e do próprio ar diluídos na água. Os principais são Trítio, Argônio-41 e Nitrogênio-16. Também podem ser incluídos no conjunto de rejeitos aero-transportados, os vapores provenientes da manipulação de alguns dos produtos químicos mais utilizados nos laboratórios da DIQUI-PD:



REAGENTES	CONSUMO EM LITROS (1982)
HCl	119
HNO ₃	110
H ₂ SO ₄	58
NH ₄ OH	75
H ₃ PO ₄	28
HF	15

São ali liberados como aerossóis, os metais pesados tais como, Hg, Pb, Cd, Zn, etc.

O Trítio existente na água pesada da montagem subcrítica Capitu está na forma de $^1\text{H}^3\text{H}_0$, $^2\text{H}^3\text{H}_0$ e $^3\text{H}_2\text{O}$. Existem cerca de 5541 litros de $^2\text{H}_2\text{O}$, com uma concentração de Trítio da ordem de 4×10^8 pCi/l. Outra fonte de Trítio são os alvos do acelerador, nos quais o Trítio é adsorvido na forma de $^3\text{H}_2$. Existem 29 alvos, num total de 88 Ci de Trítio, armazenados em recipientes hermeticamente fechados. O Trítio aparece na atmosfera devido à evaporação da água da Capitu e à desgaseificação dos alvos; portanto, na forma de vapor de água tritiada ou gás hidrogênio-3. As medidas de Trítio já efetuadas no laboratório especializado do CDTN variam em torno de 10 pCi/l, nível várias vezes maior que o "background".

Existe ainda no laboratório de física de reatores um tanque contendo 12 toneladas de UF₆ cujo urânio é empobrecido a 0,2%.

Em diversos laboratórios do CDTN existem cilindros contendo gases que são utilizados em equipamentos e muitas vezes liberados para a atmosfera. Os gases contidos nestes cilindros são principalmente Argônio, Oxigênio, Acetileno, Nitrogênio, Hélio, Metano, Monóxido e Dióxido de Carbono, Amônia, Deutério, Flúor, Hexa-fluoreto de Enxofre, Hidrogênio e Trifluoreto de Boro. Alguns deles não oferecem riscos à saúde.

3.4 Tratamentos de Rejeitos

Será montada no CDTN uma unidade de tratamento de rejeitos, em um galpão que também será utilizado para estocagem dos rejeitos.

Os rejeitos sólidos compressíveis serão prensados em tambores de 200 litros e os não compressíveis serão cimentados e acondicionados também em tambores de 200 litros. A ventilação nestes locais poderá liberar na atmosfera particulados em suspensão, gases, etc.

Em todos os laboratórios serão construídos tanques para a coleta de rejeitos líquidos, água de lavagem, de maneira a liberá-los para o ambiente apenas quando estiverem dentro das normas estabelecidas pelos organismos competentes.

FIGURA 3.1 - Tipos de Rejeitos Produzidos nas Etapas do Beneficiamento do Minério de Urânio de Itataia.

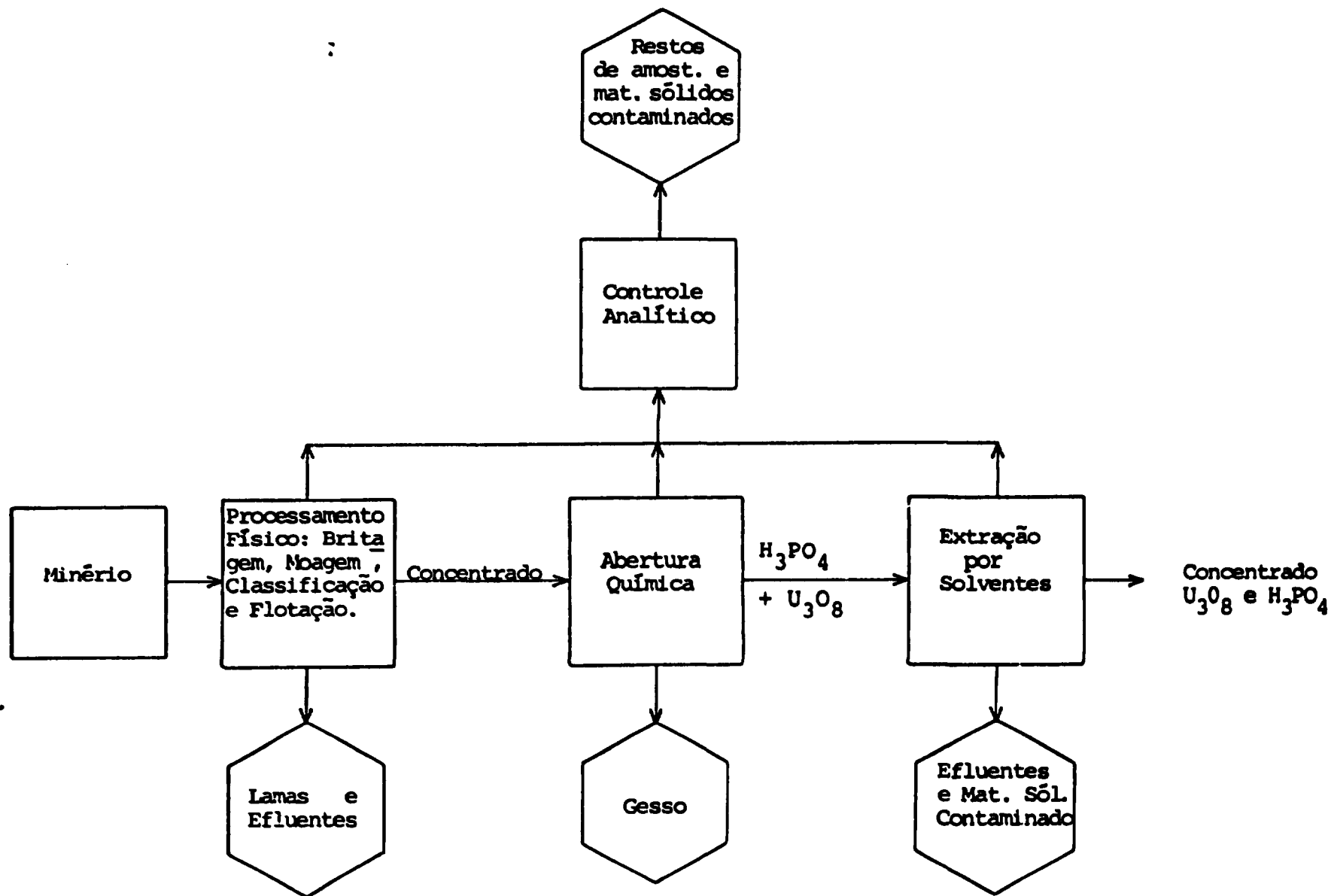


Tabela 3.1 - Rejeitos Sólidos Gerados no CDTN

Rádio	Sector	Tipo de Rejeito	Composição Aproximada	Estoque Atual (Volume ou Peso).	Previsão de Estoque. (Taxa)	Disposição	Observações
1	Laboratório do Reator	Tubos de plástico com materiais irradiados.	Minério de urânio Mn-56, Br-82, Au-198, Minério de Tório, etc.	20 tambores (2 ton.)	2 tambores/mês	A ser definido	O reator operou em 1983 durante 500h sendo irradiadas 26.000 amostras em 1970 operações produzindo uma atividade de 50 Curies.
	Divisão de Química	Papeis de filtro, luvas, papeis de limpeza, tubos de polietileno irradiados.	U-239, Th-233, Ne-24, Mg-27, Al-28, Si-31, K-42, Cr-51, Mn-56, Zn-65, Br-80, Ba-139 Terras Raras e Produtos de Fissão.	8 Tambores (400 kg)	60 kg/mês	Embalagem em Tambores.	Foram realizadas 57510 de terminações em 38125 amostras provenientes de 181 solicitações.
2	Testes	Luvas, Materiais de Limpeza e descontaminação.	-	Pequenas Quantidades.	-	Embalagem em Tambores.	-
3	Engenharia Ambiental	Luvas, Sacos Plásticos, Vidraria, Gase, Papeis, etc.	Au-198, Ir-192, Br-82, I-131, Mn-56, Sr-90, Am-141, Tl-204, Pb-210 e Ra-226.	Pequenas quantidades.	-	Embalagem em Tambores.	As experiências com traçadores são feitas fora do CDTN e os radionuclídeos são de T 1/2 longa são de baixa atividade, da ordem de μ Ci.
5	Reprocessamento.	Papeis, Sucatas, Tubos de PVC.	U nat., Th nat.	1/2 Tambor (100 kg)	100 kg/mês	Embalagem em Tambores.	-
	Tratamento de Rejeitos	Compressíveis: Papeis, Luvas, Vidraria em Geral, Roupas.	Muito Variada	3 Tambores de Material Compactado.	4,4 m ³ /ano (21 tambores de material compactado).	Compactação em Tambores de 200 l.	A compactação reduz o volume de 5 vezes.
		Não-Compressíveis: 1. Lamas de Minério de Urânio e Tório. 2. Tubos de PVC de Metal, Sucatas em Geral.	Séries do U-235, U-238, Th-232, SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , Ca, e, Si, CO ₃ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Mg. Muito Variada	800 l -	400 l/ano 24 Tambores/ano	Cimentação em Tambores. Compactação ou Cimentação em Tambores.	
7	Fabricação do Elemento Combustível.	Papeis, Luvas, Sucatas em Geral.	U nat., Th nat.	12 Tambores	60 l/dia	Embalagem em Tambores.	Os rejeitos são de baixo nível.
	Enriquecimento.	Papeis, Luvas, Sucatas em Geral.	U nat.	50 kg	100 l/semana	Embalagem em Tambores.	Os rejeitos são de baixo nível.
8	Tecnologia Mineral.	Lamas e Gesso	Séries do U-238, U-235 e Th-232	30 Toneladas	3 ton/ano	Tanques de Decantação.	O gesso retém grandes quantidades de Rádio.
		Rejeitos da Flotação.	Séries do U-238, U-235 e Th-232.	60 Toneladas	3 ton/ano	Tanques de Decantação.	
	Grupo Técnico da Garantia da Qualidade.	Amostras de Minério de Urânio e Tório, etc.	Séries do U-238, U-235, Th-232, etc.	11,5 Toneladas	-	Caixas de Papelão, Sacos, etc.	Estão estocadas em salas fechadas e em ambientes abertos.

Tabela 3.2 (continuação)

Prédio	Divisão	Tipo de rejeito	Composição aproximada	Vol. est. de rej.	Vol. est. água/lav.	Vol. total estimado	Observações	Volume total estimado por prédio
2	LABTEN. PD	QUÍMICO	1. Soluções ácidas (HNO ₃ ou HCl) 2. Solução de Hidróxido de sódio	20 l / sem.	1000 l / sem.	1020 l / sem.	Soluções utilizadas para lavagem das colunas de troca iônica, que é feita uma vez por semestre	2040 l/sem
3	DJEAN. PD	RADIOATIVO	1. Soluções que podem conter os nuclídeos : Ra-226, U nat., Po-210, Pb-210, Th-230, Cs-137, Co-60, Sr-90, Cs-134, I-131, I-129, In-51, Fe-55, Ce-134, Ru-106, Th-223, Ra-223, Th-232, At-211, Tl-204, com atividade da ordem de 200 x 10 ⁻⁶ µCi/grama.	2 l / ano	200 l / ano	202 l / ano	Considerou-se 40 amostras de 50 ml de soluções padrão podendo conter qualquer um dos nuclídeos citados, e água de lavagem = 5 l/amostra.	A- Rejeito químico: - Não incluído a água de lavagem: 1515 l / mês - com água de lavagem: 18110 l / mês. B- Rejeito radioativo: - Não incluído a água de lavagem: 120 l / mês - com água de lavagem: 220 l / mês
		QUÍMICO	1. Soluções ácidas (HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , HCl, HF, HBr, HClO ₄ , H ₃ PO ₄ , etc)	1000 l / mês	9000 l / mês	10000 l / mês		
			2. Soluções básicas (NaOH, NH ₄ OH, etc)	400 l / mês	2600 l / mês	3000 l / mês		
	3. Solução de EXTRA ¹ (sabão utilizado para descontaminação de superfícies radioativas).		5 l / mês	1995 l / mês	5000 l / mês			
	DIRAP. PD	RADIOATIVO	1. Soluções contendo substâncias radioativas provenientes da preparação de padrões, descontaminação de material, etc.	-	-	50 l / ano		
QUÍMICO		1. Solução de ácido acético (menor que 3%) utilizada para evitar a corrosão nos filmes dosímetros.	<30 l / 20 dias	-	<30 l / 20 dias			
		2. Solução fixadora (hipossulfito de sódio, sulfito de sódio, ácido acético 28%, ácido bórico, alumen de potássio)	40 l / 20 dias	-	40 l / 20 dias	Faz-se a lavagem dos filmes em água corrente (de torneira) durante 10 horas.		
	3. Solução reveladora (metol, sulfito de sódio, hidroquinona, Na ₂ CO ₃ , KBr)	40 l / 20 dias	-	40 l / 20 dias				
5	DIREP. PD	RADIOATIVO	1. Soluções ácidas contendo Th nat, U nat, Zr, TBP, etc.	100 l / mês	-	100 l / mês	Atualmente estas soluções são armazenadas em recipientes plásticos	Rejeito radioativo: - Não incluído a água de lavagem: 120 l / mês - com água de lavagem: 220 l / mês
	DIPQ. PD	RADIOATIVO	1. Soluções básicas ou levemente ácidas contendo pequena quantidade de Nitrato de Urânio, DUA, óxidos, fluoretos, etc.	20 l / mês	100 l / mês	120 l / mês	Considerou-se duas experiências diárias originando 500 ml cada, 5 l de água de lavagem por experiência	- com água de lavagem: 220 l / mês

Tabela 3.2 (continuação)

Prédio	Divisão	Tipo de rejeito	Composição aproximada	Vol. est. de rej.	Vol. est. água/lavagem	Vol. total estimado	Observações	Volume total estimado por prédio
7	DITRR/DIREP PD	Radioativo	1. Soluções (orgânicas, inorgânicas, águas lavagem, etc..) contendo Unat, Thnat, Sr, Cs, Co, etc.	15.000 l/mês	-		Existem 3 caixas de 5000 l cada, para coleta deste rejeito	A- Rejeito Radioativo - Não incluindo água de lavagem: 16.630 l/mês - Com água de lavagem: 16.500 l/mês
	DITCO PD	Radioativo	1. Soluções ácidas contendo basicamente Nitrato de Urânio e Nitrato de Tório	50 l/dia	-	50 l/dia	Esta solução é armazenada no local em recipientes plásticos e inclui a água da primeira lavagem	
	DIENR PD	Radioativo	1. Soluções contendo Unat, fluoretos, etc.	200 l/mês	-	200 l/mês	Esta solução é armazenada no local em recipientes plásticos e inclui a água da primeira lavagem	B- Rejeito Químico - Não incluindo água de lavagem: 206 l/dia - Com água de lavagem: 456 l/dia
			2. Soluções (ácidas, solventes orgânicos, bases) contendo pequena quantidade de Unat	100 l/sem	-	100 l/sem	É liberada na rede de esgoto	
DIMAT PD	Químico	1. Soluções ácidas (HCl, HNO ₃ , HClO ₄ , H ₂ SO ₄) 2. Solventes orgânicos (acetona, tetracloreto de carbono, cloroetileno, thiner), tintas, óleos, etc. 3. Soluções alcalinas (NaOH, NH ₄ OH, etc.)	5 l/dia 200 l/dia 1 l/dia	200 l/dia - 50 l/dia	205 l/dia 200 l/dia 51 l/dia			
8	DIPRS PD	Radioativo	1. Soluções contendo 1500 ppm de U ₃ O ₈ resultantes de amostragem a cada 30 minutos durante uma corrida	140 l/5 dias	4000 l/5 dias	4140 l/5 dias	Água de lavagem = 10 l/determinação Considerou-se 200 amostras por corrida de 5 dias com 2 determinações, gerando um volume de 700 ml/amostra	A- Laboratórios : 19515 l/5 dias B- Usina: 8 m ³ /h
			2. Soluções contendo de 2000 a 20000 ppm de U ₃ O ₈ provenientes de amostragem em intervalos de 30 minutos e de 2 horas	175 l/5 dias	14000 l/5 dias	14175 l/5 dias	Considerou-se 500 amostras por corrida de 5 dias com 7 determinações para cada amostra	
			3. Solução de lavagem de frascos contendo pequena quantidade de U ₃ O ₈	-	-	500 l/5 dias		
			4. Soluções contendo: H ₃ PO ₄ , H ₂ SO ₄ , (NH ₄) ₂ SO ₄ , (NH ₄) ₂ CO ₃ , etc. provenientes da extração por solvente	600 l/5 dias	-	600 l/5 dias	Esta solução é estocada no local em recipientes plásticos	
			5. Soluções ácidas ou alcalinas contendo Unat	100 l/5 dias	-	100 l/5 dias		
			6. Solução do tratamento físico do minério, contendo basicamente: U ₃ O ₈ , Fe, Ca, P ₂ O ₅ , SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Mg	8 m ³ /h	-	8 m ³ /h	O regime de operação previsto para a usina é de 200 h/mês. Toda essa água proveniente do processo vai para uma caixa, e após sedimentação é liberada, através de um ladão para a rede pluvial. Sólidos em suspensão - 1%. Existe outra caixa que recebe a água de lavagem do piso da usina, que descarrega também na rede pluvial	

Tabela 3.3 - Série do ^{238}U

NUCLÍDEO	MEIA-VIDA	MAIOR ENERGIA DA RADIAÇÃO (MeV) E INTENSIDADE (%)		
		α	β	γ
$^{238}_{92}\text{U}$	$4,51 \times 10^9$ a	4,15 (25%) 4,20 (75%)	---	---
$^{234}_{90}\text{Th}$	24,1 d	---	0,103 (21%) 0,193 (79%)	0,063c (3,5%) 0,093c (4%)
$^{234}_{91}\text{Pa}^m$	1,17 m	---	2,29 (98%)	0,765 (0,30%) 1,001 (0,60%)
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $^{234}_{91}\text{Pa}$ </div> 98,87% 0,13%	6,75 h	---	0,53 (66%) 1,13 (13%)	0,160 (50%) 0,70 (24%) 0,90 (70%)
$^{234}_{92}\text{U}$	$2,47 \times 10^5$ a	4,72 (28%) 4,77 (72%)	---	0,053 (0,2%)
$^{230}_{90}\text{Th}$	$8,0 \times 10^4$ a	4,62 (24%) 4,68 (76%)	---	0,068 (0,6%) 0,142 (0,07%)
$^{226}_{88}\text{Ra}$	1602 a	4,60 (6%) 4,78 (95%)	---	0,186 (4%)
$^{222}_{86}\text{Rn}$	3,823 d	5,49 (100%)	---	0,510 (0,07%)
$^{218}_{84}\text{Po}$	3,05 m	6,00 (-100%)	0,33 (-0,019%)	---
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $^{214}_{82}\text{Pb}$ </div> 99,98% 0,02%	26,8 m	---	0,65 (50%) 0,71 (40%) 0,98 (6%)	0,295 (19%) 0,352 (36%)
$^{218}_{85}\text{At}$	- 2 s	6,65 (6%) 6,70 (94%)	7 (-0,1%)	---
$^{214}_{83}\text{Bi}$	19,7 m	5,45 (0,012%) 5,51 (0,008%)	1,0 (23%) 1,51 (40%) 3,26 (19%)	0,609 (47%) 1,120 (17%) 1,764 (17%)
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $^{214}_{84}\text{Po}$ </div> 99,98% 0,02%	164 μs	7,69 (100%)	---	0,799 (0,014%)
$^{210}_{81}\text{Tl}$	1,3 m	---	1,3 (25%) 1,9 (56%) 2,3 (19%)	0,296 (80%) 0,795 (100%) 1,31 (21%)
$^{210}_{82}\text{Pb}$	21 a	3,72 (,000002%)	0,016 (85%) 0,061 (15%)	0,047 (4%)
$^{210}_{83}\text{Bi}$	5,01 d	4,65 (,00007%) 4,69 (,00005%)	1,161 (-100%)	---
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $^{210}_{84}\text{Po}$ </div> -100% ,00013%	138,4 d	5,305 (100%)	---	0,803 (0,0011%)
$^{206}_{81}\text{Tl}$	4,19 m	---	1,571 (100%)	---
$^{206}_{82}\text{Pb}$	estável	---	---	---

(*) Refere-se à percentagem de desintegração do próprio radionuclídeo

Tabela 3.4 - Série do ^{235}U

NUCLÍDEO	MEIA-VIDA	MAIOR ENERGIA DA RADIAÇÃO (MeV) E INTENSIDADE (%)		
		α	β	γ
$^{235}_{92}\text{U}$	$7,1 \times 10^8$ a	4,37 (10%) 4,40 (57%) 4,58c (8%)	---	0,143 (11%) 0,185 (54%) 0,204 (5%)
$^{231}_{90}\text{Th}$	25,5 h	---	0,140 (45%) 0,220 (15%) 0,305 (40%)	0,026 (2%) 0,084c (10%)
$^{231}_{91}\text{Pa}$	$3,25 \times 10^4$ a	4,95 (22%) 5,01 (24%) 5,02 (23%)	---	0,027 (6%) 0,29c (6%)
$^{227}_{89}\text{Ac}$	21,6 a	4,86c (0,18%) 4,95c (1,2%)	0,043 (-99%)	0,070 (0,08%)
$^{227}_{90}\text{Th}$ (98,6%) $^{223}_{87}\text{Fr}$ (1,4%)	18,2 d	5,76 (21%) 5,98 (24%) 6,04 (23%)	---	0,050 (8%) 0,237c (15%) 0,31c (8%)
$^{223}_{87}\text{Fr}$	22 m	5,44 (-0,005%)	1,15 (-100%)	0,050 (40%) 0,080 (13%) 0,234 (4%)
$^{223}_{88}\text{Ra}$	11,43 d	5,61 (26%) 5,71 (54%) 5,75 (9%)	---	0,149c (10%) 0,270 (10%) 0,33c (6%)
$^{219}_{86}\text{Rn}$	4,0 s	6,42 (8%) 6,55 (11%) 6,82 (81%)	---	0,272 (9%) 0,401 (5%)
$^{215}_{84}\text{Po}$	1,78 ms	7,38 (-100%)	0,74 (-,00023%)	---
$^{215}_{82}\text{Pb}$ (-100%) $^{215}_{85}\text{At}$ (0,0023%)	36,1 m	---	0,29 (1,4%) 0,56 (9,4%) 1,39 (87,5%)	0,405 (3,4%) 0,427 (1,8%) 0,832 (3,4%)
$^{215}_{85}\text{At}$	-0,1 ms	8,01 (-100%)	---	---
$^{211}_{83}\text{Bi}$	2,15 m	6,28 (16%) 6,62 (84%)	0,60 (0,28%)	0,351 (14%)
$^{211}_{84}\text{Po}$ (0,28%) $^{207}_{81}\text{Tl}$ (99,7%)	0,52 s	7,45 (99%)	---	0,570 (0,5%) 0,90 (0,5%)
$^{207}_{81}\text{Tl}$	4,79 m	---	1,44 (99,8%)	0,897 (0,16%)
$^{207}_{82}\text{Pb}$	estável	---	---	---

(*) Refere-se à percentagem de desintegração do próprio radionuclídeo

f

Tabela 3.5 - Série do ^{232}Th

NUCLÍDEO	MEIA-VIDA	MAIOR ENERGIA DA RADIAÇÃO (MeV) E INTENSIDADE (%)		
		α	β	γ
$^{232}_{90}\text{Th}$	$1,41 \times 10^{10}$ a	3,95 (24%) 4,01 (76%)	---	---
$^{228}_{88}\text{Ra}$	6,7 a	---	0,055 (100%)	---
$^{228}_{89}\text{Ac}$	6,13 h	---	1,18 (35%) 1,75 (12%) 2,09 (12%)	0,34c (15%) 0,908 (25%) 0,96c (20%)
$^{228}_{90}\text{Th}$	1,910 a	5,34 (28%) 5,43 (71%)	---	0,084 (1,5%) 0,214 (0,3%)
$^{224}_{88}\text{Ra}$	3,64 d	5,45 (6%) 5,68 (94%)	---	0,241 (3,7%)
$^{220}_{86}\text{Rn}$	55 s	6,29 (100%)	---	0,55 (0,07%)
$^{216}_{84}\text{Po}$	0,15 s	6,78 (100%)	---	---
$^{212}_{82}\text{Pb}$	10,64 h	---	0,346 (81%) 0,586 (14%)	0,239 (47%) 0,300 (3,2%)
$^{212}_{83}\text{Bi}$	60,6 m	6,05 (25%) 6,09 (10%)	1,55 (5%) 2,26 (55%)	0,040 (2%) 0,727 (7%) 1,620 (1,8%)
$^{212}_{84}\text{Po}$	304 ns	8,78 (100%)	---	---
$^{208}_{81}\text{Tl}$	3,10 m	---	1,28 (25%) 1,52 (21%) 1,80 (50%)	0,511 (23%) 0,583 (86%) 0,860 (12%) 2,614 (100%)
$^{208}_{82}\text{Pb}$	estável	---	---	---

(*) Refere-se à percentagem de desintegração do próprio radionuclídeo

4. PROGRAMA DE MONITORAÇÃO^[3,5,6]

Como foi mencionado na Introdução, um programa de monitoração ambiental deve conter a especificação das amostragens e medições a serem efetuadas dentro e fora da instalação, a fim de se levantarem os níveis de radiação e de contaminação (radioativa e não-radioativa) que podem atingir os indivíduos do público.

Os locais de amostragem devem ser escolhidos de modo a que eles funcionem como postos de vigilância do ambiente, capazes de fornecer sinais de alerta, caso ocorra uma tendência de deterioração nas condições do ambiente.

4.1 Caminhos Críticos de Exposição

O nível de contaminação de efluentes gerados na operação de instalações de pesquisa e desenvolvimento, tal como o CDTN, é normalmente baixo, (pouco acima do "background") uma vez que todas as operações são feitas em escala piloto ou de laboratório.

No caso do CDTN, os rejeitos líquidos são liberados em redes de esgotos, despejados no Córrego do Engenho Nogueira. Os rejeitos transportados pelo ar, na forma de particulados ou gases, são liberados da estocagem de rejeitos sólidos, na operação do reator IPR-R1 e da unidade subcrítica Capitu, ou durante a preparação de amostras.

O Campus Ecológico, estando na direção de maior

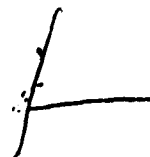


frequência dos ventos, pode receber a contaminação dos aerossóis advindos das operações do CDTN, que se precipitam e, por sua vez, são lixiviados pela água de chuva, escoando por gravidade até a lagoa do Córrego do Mergulhão. Este córrego será monitorado a montante e jusante deste local de dragagem das águas de chuva.

Como já foi dito, a lama do tanque de decantação da Usina Piloto de Tratamento Físico de Minério é estocada temporariamente na antiga piscina. Qualquer rachadura poderia permitir a infiltração dos radionuclídeos solúveis até o lençol subterrâneo. Por esta razão, e pela possível infiltração através de outros estragos na tubulação de drenagem dos efluentes, será monitorada também a água subterrânea.

Deve-se lembrar que os rejeitos líquidos ora são despejados em esgotos sanitários, ora em redes de drenagem pluvial que, por vezes, perdem sua identidade, servindo para ambos os fins; do ponto de vista de controle ambiental, este fato não cria maiores dificuldades, pois ambos os esgotos são lançados no Córrego do Engenho Nogueira. Assim sendo, a melhor maneira de se assegurar que estão sendo controladas as concentrações dos efluentes líquidos rejeitados, seria coletando as amostras em locais antes do despejo em esgotos sanitários.

Outro foco de contaminação radioativa, são os sacos de minérios vindos das diversas jazidas da Nuclebrás e as amostras sólidas do GTGQ em tubos, cuja vedação pode tornar-se defeituosa com o decorrer do tempo, e que são es



tocadas ao tempo, próximo ao prédio da Usina Piloto de Tratamento Físico de Minério. A água de chuva pode lixiviar o material solúvel e arrastá-lo para os terrenos do Campus Ecológico da UFMG. Isto poderá ser facilmente evitado , drenando essas águas pluviais.

A fauna e a flora presentes nas áreas verdes do "Campus Ecológico", como é chamado pela Universidade, não são utilizadas para alimentação do homem.

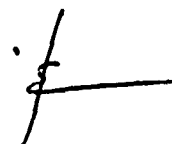
Assim sendo, as vias de exposição do homem aos contaminantes liberados pelo CDTN são apenas o ar e a água.

4.2 Programa de Amostragens e Medições

Nos ambientes ar e água, os níveis de radiação e de contaminação serão levantados através da monitoração de:

- Ar

- . Aerossóis
- . Iodo 131
- . Trítio na umidade do ar
- . Água de chuva
- . Exposição Acumulada de Radiação Gama
- . Taxa de Exposição de Radiação Gama



- Água

- . Esgoto Industrial
- . Água de Superfície
- . Sedimentos
- . Água subterrânea
- . Água potável

- Solo e Plantas

4.2.1 Monitoração do Ar

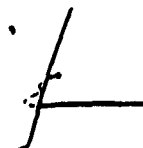
Os equipamentos para monitoração do ar serão permanentes, em estações adequadamente construídas^[16], para facilidades operacionais de trabalho.

. Aerossóis

Serão feitas amostragens em três locais distintos: nas direções oeste e sudoeste, para onde sopram os ventos com maior frequência e na direção leste, onde a frequência é pequena, para avaliação do "background" da região.

Serão utilizados amostradores de alto fluxo, suficientemente resistentes para amostragens por longos períodos, sem queda apreciável de vazão^[17].

A amostragem será feita em períodos de 6h, no horário de trabalho do CDTN, durante 4 dias, gerando uma a mostra composta para análise dos radionuclídeos de meia-vida longa^[18,19]. A frequência de amostragem será mensal



no primeiro ano e trimestral nos anos seguintes.

Serão feitas também determinações de SO_x e F^- no ar, com a mesma frequência.

. Iodo

Os locais de amostragem para I-131 serão os mesmos de aerossóis. Serão feitas amostragens com carvão ativado, por um período de 24h. A frequência é mensal no primeiro ano e trimestral nos anos seguintes.

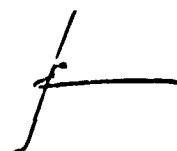
. Trítio na Umidade do Ar

Os locais de amostragem são os mesmos de aerossois. O método de amostragem é o da troca isotópica de trítio do ar com a amostra. Consiste em deixar um recipiente de 5l da água destilada, (cujo teor de trítio será previamente medido) evaporando no local de amostragem e , quando o nível de água for 1/10 do inicial, o trítio da umidade do ar estará em concentração igual à da amostra.

A amostragem do trítio na umidade do ar é contínua.e as amostras são compostas para uma análise trimestral.

. Agua de Chuva

Serão instalados pluviômetros tipo Ville de Paris, com 400 cm^2 de área de coleta, nos pontos estabelecidos para amostragens de aerossóis. A frequência de amostragem é mensal, com amostras compostas diárias nos dias



de chuva. Deverá ser anotado, no período de amostragem, a altura de precipitação pluviométrica.

. Exposição Acumulada de Radiação Gama

A exposição acumulada de radiação gama será medida através de dosímetros termoluminescentes (TLD); esta medida está sendo considerada de grande importância em relação ao impacto de particulados no ar ⁽⁶⁾.

Os dosímetros serão posicionados no perímetro da propriedade do CDTN, distanciados de 50m aproximadamente, e nas estações de amostragem de ar. Servirão como sentinelas para detectar os níveis de radiação gama.

A freqüência de troca dos TLDs será trimestral.

. Taxa de Exposição de Radiação Gama

Serão feitas medidas instantâneas de taxa de exposição de radiação gama nos mesmos locais de estações de TLDs, com uma freqüência mensal de medida. Os equipamentos utilizados são monitores portáteis, suficientemente sensíveis para medir taxas de exposição a níveis ambientais.

4.2.2 Monitoração da Água

. Esgoto Industrial

Considerando a diversidade da natureza dos efluentes liberados para os cursos d'água, causada pelas dife

rentes atividades características de cada unidade do CDTN, a falta de informações sobre o real trajeto da rede de esgotos industriais e a perda da identidade entre esgotos sanitários e industriais, a monitoração será feita o mais próximo possível de cada prédio e em caixas que centralizem a descarga de todos os pontos de lançamento.

As amostragens serão efetuadas em 6 pontos onde serão instalados amostradores contínuos, para melhor avaliar os níveis de contaminação liberados para o ambiente.

As amostras serão recolhidas semanalmente, compondo-se uma amostra média para análise mensal.

. Água de Superfície

Os esgotos industriais, juntamente com as águas de chuva drenados para o Córrego do Engenho Nogueira, serão monitorados em 3 pontos de amostragem: um primenro ponto a montante do local de descarga dos esgotos do CDTN , que servirá como "branco"; outro ponto no Campus, num local por onde passam os efluentes do CDTN e dos principais laboratórios da UFMG (Química, Ciências Biológicas, Veterinária e Colégio Técnico) e que permite, portanto, avaliar o acréscimo de contaminação proveniente da UFMG. Finalmente, um terceiro ponto a jusante do encontro com o Ribeirã o Pampulha, onde a água poderá ser usada, a partir daí , para abastecimento doméstico.

O córrego do Mergulhão, que drena a região a sudoeste do CDTN, também será monitorado, pois poderá receber poluentes do CDTN, pelo ar, por estar na direção pre



dominante do vento, e pela drenagem de água de chuva. Serão locados dois pontos de amostragem: um deles a montante do local que provavelmente receba a contaminação pelas enxurradas e outro, a jusante, bem próximo da Lagoa da Pampulha.

A frequência de amostragem é mensal.

. Sedimentos

Serão coletados nos mesmos locais de amostragem de água de superfície (onde for possível), com frequência semestral. Terão como objetivo avaliar o eventual acrêscimo da contaminação que pode ocorrer nos sedimentos ao longo do tempo.

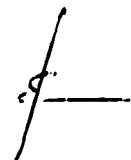
. Água Subterrânea

Serão monitorados 2 poços de água subterrânea , para verificar se está havendo infiltração de contaminantes no lençol. Dois pontos se localizam dentro do CDTN, a profundidades diferentes, atingindo dois lençóis.

A frequência de amostragem é mensal no primeiro ano e trimestral nos anos seguintes.

. Água Potável

Será amostrado um ponto de água potável, na caixa d'água localizada acima do prédio do DETM, que poderá servir como indicador dos níveis de radiação da água potável nas redondezas do CDTN.



4.2.3 Monitoração de Solo e Plantas

Serão coletadas nos mesmos pontos de aerossóis, amostras de solo e de plantas pequenas sem diferenciação de espécie. A frequência de amostragem é uma vez por ano.

4.3 Programa de Análises

Os materiais radioativos liberados para o ambiente, via ar e água, incluem todos os nuclídeos pertencentes às séries do ^{238}U , ^{232}Th e ^{235}U , conforme especificados nas Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5. São cerca de 40 nuclídeos, em formas químicas as mais diversas. Em quantidades não inferiores aos radioativos, são também liberados elementos não radioativos, em formas químicas variadas.

O programa de análises destes materiais se restringirá ao estritamente necessário, por questões econômicas, de pessoal e de equipamentos.

Quanto aos materiais radioativos, serão analisados aqueles que podem trazer maiores danos à saúde do homem, ou aqueles que podem servir de indicadores dos radioa nuclídeos mais críticos ^[1].

Quanto aos materiais não radioativos, serão analisados os ácidos ou bases inorgânicas e orgânicas fortes, ou reagentes não muito danosos à saúde, mas que serão liberados em grandes quantidades e que servirão como indicadores de diluição nos cursos d'água.



Na Tabela 4.1 estão discriminados os contaminantes radioativos e não radioativos que serão analisados , com as respectivas frequências de análises.

4.4 Síntese do Programa e Apresentação dos Resultados.

A Tabela 4.1 é propriamente o Programa de Monitoração Ambiental.

Na Tabela 4.3 estão discriminados os pontos de amostragem com os tipos de monitoração a serem neles efetuados.

A Figura 4.1 mostra o mapa da região do CDTN. Nele estão assinalados os locais de amostragem de ar e água e de medidas de níveis de radiação gama.

A Tabela 4.2 apresenta especificações para a coleta e preservação de amostras líquidas.

As amostras serão codificadas segundo a seguinte lei de formação:

$\underbrace{0 \quad 0}$ instalação	$\underbrace{0 \quad 0 \quad 0}$	$\underbrace{0 \quad 0 \quad 0}$ número do ponto de coleta
--	----------------------------------	--

tipo de amostra

A codificação utilizada para este PMA é a seguinte:

- Instalação: 10 (refere-se ao CDTN)

- Tipo de Amostras

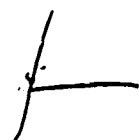
- . Aerossois: 001
- . Gases (I-131): 002
- . Água de Chuva: 010
- . Níveis de radiação gama - exposição instantânea: 011
- . Níveis de radiação gama - exposição integrada: 012
- . Esgoto industrial: 021
- . Água de superfície: 006
- . Sedimentos: 007
- . Água subterrânea: 008
- . Água potável: 009.
- . Solo: 003
- . Plantas: 004
- . Vapor de água: 052
- . Tritio na atmosfera: 052

Na apresentação dos resultados, devem ser observadas as seguintes recomendações [3,20]:

..

"O registro dos resultados deve incluir sempre a estimativa da incerteza na medida. O erro aleatório deve ser registrado para cada resultado a um nível de confiança de 95%".

"O erro estimado não deve conter mais que dois algarismos significativos. O resultado da medida deve ter o mesmo número de casas decimais que o erro estimado".

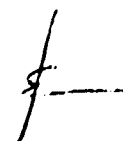


"O resultado de uma análise não deve ser registrado com um excessivo número de algarismos significativos".

"Devem ser apresentados os valores do Limite Mínimo de Detecção (LMD) juntamente com a descrição de seu cálculo".

"Os termos "não detectável", "menor que o LMD" , ou termos similares nunca devem ser usados. Cada resultado apresentado deve ter um valor e seu erro estimado associado à medida, incluindo os valores abaixo do Limite Mínimo de Detecção ou menores que zero".

..



4.1

Tipo de Monitoração	Número de locais	AMOSTRAGEM				ANÁLISES	
		Localização das Pontas de Amostragem		Equipamento Utilizado	Frequência	Frequência	Tipo de Análise
		Amostra	Descrição do Local				
Acerssois	03	10/001/001 10/001/002 10/001/003	Área do Colégio Militar na cerca do CIMN a oeste da cerca do CIMN a sudoeste	Amostradores de ar e filtros de fibra de vidro.	Diária (4 amostras em período de 6 h - amostragem).	Diária no período matutino e trienal nos meses seguintes.	Alfa total e beta total, chumbo, cobre, ferro, urânio natural, ^{222}Rn e ^{222}Rn em água, pH, temperatura, condutividade elétrica, ácido clorídrico em água.
Ac-131	03	10/002/001 10/002/002 10/002/003	Mesmos locais de amostragem de acerssois	Bombas de ar e filtros de carvão ativado.		Diária no período matutino e trienal nos meses seguintes.	I-131
Trítio na água atmosférica	03	10/002/001 10/002/002 10/002/003	Mesmos locais de amostragem de acerssois.	Lecker de 5 l com água destilada.	Contínua	Trimestral (Saonal).	Trítio na água atmosférica.
Precipitação Pluviométrica	03	10/010/001 10/010/002 10/010/003	Mesmos locais de amostragem de acerssois.	Pluviômetros tipo Ville de Paris com 400 cm ² de área de coleta.	Contínua com coleta diária. Temperatura máxima e mínima, umidade relativa e índice pluviométrico.	Diária	Alfa total e beta total, precipitação, I-131, Trítio
Radiação gama	36	10/011/001 a 10/011/036	Em mesmos locais de amostragem de acerssois e no perímetro da instalação.	Dosímetros termoluminescentes.	Trimestral	Trimestral	Dose acumulada em 300 dias.
Radiação gama	36	10/012/001 a 10/012/036	Em mesmos locais de TLDs.	Monitores portáteis de radiação gama sensíveis para níveis ambientais.	Trimestral	Trimestral	Dose instantânea em 300 dias.
Lixo Industrial	06	10/021/037 10/021/038 10/021/039 10/021/040	Caixa do prédio 08 (DEMA) Caixa do prédio 07 (DETS) Caixa do prédio 05 (DETQ) Caixa de drenagem pluvial de estocagem de rejeitos	Amostrador contínuo.	Coletas sem mais custas para uma amostragem mensal.	Mensal	Alfa total e beta total, chumbo, cobre, ferro, urânio natural, ^{222}Rn e ^{222}Rn em água, pH, K, Al, Ba, Ca, ^{224}Ra , ^{228}Ac , ^{228}Pb .
		10/021/041	Caixas do prédio 01 (DEAT)				Alfa total, beta total e espectro em ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{137}Ba , ^{134}Ba , ^{132}I , ^{131}I , ^{134}Te , ^{132}Te , ^{130}Te , ^{130}I .
		10/021/042	Caixa central do casacamento à leftoria.	Balde	Mensal		Alfa total, beta total, K, U natural, ^{222}Rn , ^{222}Rn em água.
Água de superfície	04	10/006/042	Córrego do Engenho Ilguelira a montante do Casque	Balde	Trimestral	Trimestral	Alfa total, beta total, K, U natural, ^{222}Rn , ^{222}Rn em água, ^{224}Ra , ^{228}Ac .
		10/006/043	Córrego do Engenho Ilguelira a jusante do Ribeirão Pequeno.				
		10/006/044	Córrego do Ilguelião a montante do CIMN.				
		10/006/045	Córrego do Ilguelião a montante da Lagoa da Parquia				

Continuação Tabela 4.1

Tipo de Monitoração	Número de Locais	A M O S T R A G E M				A N Á L I S E	
		Localização dos Pontos de Amostragem		Equipamento Utilizado	Frequência	Frequência	Tipo de Análise
		Amostra	Descrição do Local				
MONITORAÇÃO DA ÁGUA	04	10/007/042	Mesmos locais de água de superfície	Pá e sacos de pano.	2 vezes por ano antes e depois das chuvas.	Semestral	Alfa total, beta total, K e espectrometria gama.
		10/007/043					
		10/007/044					
10/007/045							
Água subterrânea	02	10/008/046	Água da mina no CDTN	Balde	Trimestral	Trimestral	Alfa total, beta total, K, U nat., Ra-226, Pb-210 e espectrometria gama.
10/006/047		Foço artesiano do CDTN					
Água potável	01	10/009/048	Caixa d'água do prédio do DEM	Balde	Mensal	Mensal	Alfa total, beta total, K, U nat., Th nat., Ra-226, Pb-210 e espectrometria gama.
SOLO, GAMA E FIASHING	03	10/003/001	Mesmos locais de amostragem de aerossóis	Pá	Anual	Anual	Alfa total, beta total e espectrometria gama
		10/003/002					
		10/003/003					
Plantas	03	10/004/001	Mesmos locais de amostragem de aerossóis.	Tesoura cu fãção	Anual	Anual	Alfa total, beta total e espectrometria gama
10/004/002							
10/004/003							

15

Tabela 4.2 - Guia de Coleta de Amostras

Tipo de Monitoração.	Tipo de Frasco	Quantidade Total	Tipo de Análise	Quantidade Necessária	Preservação	Prazo para Análise	Cuidados na Amostragem
Esgoto Industrial.	Vidro ou Polietileno.	7,5 l	α Total, β Total, Ra-226, Pb-210	5 l	HNO ₃ conc. a pH < 2	06 meses	Lavar os frascos com a água a ser amostrada.
			U nat., Th nat., K, Al, Mg, As, Ba.	2,5 l	Refrigeração a 4°C. Refrigeração a 4°C, H ₂ SO ₄ a pH < 2	07 dias	
			Cl ⁻ , F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻			24 horas	
			NH ₄ ⁺	100 ml	H ₂ SO ₄ conc. a pH < 2, refrigerar a 4°C.	24 horas	
Água de Superfície.	Polietileno	6 l	α Total, β Total, K, Ra-226, Pb-210	5 l	HNO ₃ conc. a pH < 2	06 meses	
			U nat., Th nat.	1 l			
Sedimentos	Sacos de Pano	1 Kg	α Total, β Total, K, espectrometria gama.	1 Kg	-	-	Deixar escorrer a água.
Água Subterrânea.	Polietileno	7,5 l	α Total, β Total, K, Ra-226, Pb-210	4 l	HNO ₃ conc. a pH < 2	06 meses	Lavar os frascos com a água a ser amostrada.
			U nat., Th nat. e Espectrometria Gama.	3,5 l			
Água Potável	Polietileno	7,5 l	α Total, β Total, K, Ra-226, Pb-210	4 l	HNO ₃ conc. a pH < 2	06 meses	
			U nat., Th nat. e Espectrometria Gama.	3,5 l			
Água de Chuva	Polietileno	6 l	α Total, β Total	1 l	HNO ₃ conc. a pH < 2	06 meses	Lavar os frascos com a água a ser amostrada.
			I-131, Trítio e Espectrometria Gama.	5 l			
Solo	Sacos de pano	2 kg	α Total, β Total e Espectrometria Gama.	2 kg	-	-	Tomar amostras de 10 cm x 10 cm e 5 cm de profundidade e homogeneizar.
Plantas	Sacos de plástico.	4 kg	α Total, β Total e Espectrometria Gama.	4 kg	-	-	Tomar plantas pequenas com caule e folhas.

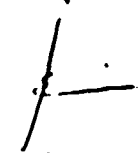
REFERÊNCIAS

- /1/ Comissão Nacional de Energia Nuclear "Normas Básicas de Proteção Radiológica" - Resolução CNEN 6/73 - Brasil 1973.
- /2/ Secretaria Especial do Meio Ambiente - Ministério do Interior - "Legislação Básica" - Brasil 1977.
- /3/ U.S. Nuclear Regulatory Commission - Regulatory Guide 4.14 - "Radiological Effluent and Environmental Monitoring at Uranium Mills" - U.S. Government Printing Office, 1980.
- /4/ U.S. Nuclear Regulatory Commission - Regulatory Guide 4.2 - "Preparation of Environmental Reports for Nuclear Power Instalations" - U.S. Government Printing Office, 1975.
- /5/ Instituto de Radioproteção e Dosimetria - CNEN "Preoperational Environmental Monitoring of the Angra Reactor Site" - CNEN, 1983, Brasil.
- /6/ "Programa de Monitoração Ambiental para Peruibe-Fase Pré-Operacional" - DERL.PD-007/82 - CDTN/NUCLEBRÁS, 1982, Belo Horizonte.
- /7/ Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear- "Reator IPR-R1 - Relatório de Análise de Segurança" - CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte , 1982 - Vol. 1 e 2.



- /8/ Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear -
"Relatório de Análise de Segurança da Usina
Piloto de Enriquecimento" - CDTN/NUCLEBRÁS ,
Belo Horizonte, 1979.
- /9/ Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear -
"Relatório Preliminar de Avaliação do Impacto
Ambiental Resultantes da Ampliação dos Labora
tórios do Departamento de Tecnologia Mineral"-
DIALI/CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte, 1978.
- /10/ Superintendência de Desenvolvimento da Região Me
tropolitana de Belo Horizonte - "População no
Aglomerado Metropolitano por Setor e Relação
de Bairros por Setor" - 1982.
- /11/ Nunes, S.C. et Pereira, M.T. - "Levantamento da
Produção de Rejeitos Sólidos no CDTN" - Nota
Técnica DERL.PD-007/83 - CDTN/NUCLEBRÁS, Belo
Horizonte, 1983.
- /12/ Santoro, C.A.B. et Campos, M.M. - "Cálculo da
Quantidade de Produtos de Fusão Gasosos nos
Elementos Combustíveis do Triga", NT PAR/GMA
030/75 - CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte, 1975.
- /13/ Chausson, Ivon - "Contaminação de Trítio nas De
pendências da Subcrítica CAPITU" - NT SAQ 01/
78 - CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte, 1978.
- /14/ Senna Jr., M. e Vasconcelos, V. - "Análise de
Acidentes do Reator Triga IPR-R1" - NT DERL.PD
014/81 - CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte, 1981.

f

- /15/ Gulf General Atomic - "Safeguards Summary Report for de New York University Triga Mark I Reactor". New York, 1970.
- /16/ Ferreira, Eduardo G. - "Proposta para a Padronização de Estações para Amostragem de Ar, Água de Chuva e medição de Níveis de Radiação Gama" NT 021/81 - CDTN/NUCLEBRÁS - Belo Horizonte , 1981.
- /17/ Ferreira, Eduardo G. et Figueiredo, Nestor - "Instruções para Operação de Sistema de Amostragens de Ar de Alto Fluxo Modelo GMWL-2000 da General Metal Works Inc." - NT DERL.PD-015/80 - CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte, 1980.
- /18/ Ferreira, Eduardo G. et Figueiredo, Nestor - "Procedimentos de Amostragem de Aerosol e Análise de Radionuclídeos das Séries do Urânio e Tório por Alfa Total" - NT 016/80 - CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte, 1980.
- /19/ Ferreira, Eduardo G. et Moreira, Rubens M. - "Amostragem de Particulados no Ar - Determinação da Concentração e Análise Granulométrica" - NT DERL.PD-009/83 - CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte, 1983.
- /20/ Ferreira, Eduardo G. - "Metodologia de Cálculo da Concentração e Estimativa de Erros de Radionuclídeos de Meia-Vida Longa, por Alfa e Beta Total, em Aerosóis" - NT 013/82 - CDTN/NUCLEBRÁS - Belo Horizonte, 1982.
- 

/21/ Bedani, M.I. - "Programa de Monitoração Ambiental no IPEN" - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN - São Paulo, Agosto, 1980.

/22/ Bedani, M.I. - "Controle Radiométrico Ambiental nas Imediações do Instituto de Energia Atômica" - IEA.DT-131, São Paulo - Junho/79.

f