

BR8920809

ISSN 0101-3084

CNEN/SP

ipen **Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares**

**TRATAMENTO DE REJEITOS RADIOATIVOS NO
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS
E NUCLEARES – IPEN**

Achilles Alfonso Suarez

PUBLICAÇÃO IPEN 238

JANEIRO/1989

SÃO PAULO

**TRATAMENTO DE REJEITOS RADIOATIVOS NO INSTITUTO DE
PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES – IPEN**

Achilles Alfonso Suarez

DEPARTAMENTO DE CICLO DE COMBUSTÍVEL

**CNEN/SP
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
SÃO PAULO – BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

E51.00

**BRAZILIAN CNEN
COMPACTING
LIQUID WASTES
SOLID WASTES
STORAGE
RADIOACTIVE WASTE PROCESSING
WASTE MANAGEMENT**

IPEN - Doc - 3116

Aprovado para publicação em 13/12/88.

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

**RADIOACTIVE WASTE TREATMENT AT THE NUCLEAR AND ENERGETIC
RESEARCH INSTITUTE (IPEN)**

Achilles Alfonso Suarez

ABSTRACT

Waste treatment management since the installation at IPEN of the first brazilian research reactor IEA-R1 is shown. The institute is responsible for the treatment of its own wastes as well for those coming from external institutions, mainly due to the application of radioisotopes in medicine and industry.

**TRATAMENTO DE REJEITOS RADIOATIVOS NO INSTITUTO DE PESQUISAS
ENLRFETICAS E NUCLEARES (IPEN)**

RESUMO

São mostrados os procedimentos de gerenciamento de rejeitos radioativos utilizados no IPEN desde que foi instalado o primeiro reator de pesquisa IEA-R1. O instituto é responsável pelo tratamento dos rejeitos originados de suas próprias atividades bem como atende aquelas instituições externas que fazem uso de radioisótopos, principalmente em aplicações médicas e industriais.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	FONTES DE REJEITO	2
3.	CLASSIFICAÇÃO DOS REJEITOS	2
4.	SISTEMA DE COLETA DE REJEITOS	5
5.	INSTALAÇÕES PARA TRATAMENTO DE REJEITOS	7
5.1	UNIDADE DE COMPACTAÇÃO	12
5.2	IMOBILIZAÇÃO DE REJEITOS SÓLIDOS NÃO COMPACTÁVEIS	12
5.2.1	REJEITOS SÓLIDOS NÃO COMPACTÁVEIS	12
5.2.2	FONTES RADIOATIVAS	12
5.3	UNIDADE DE INCINERAÇÃO	
5.4	DESTILADOR PARA SOLUÇÕES CINTILADORAS	14
5.5	ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA DOS REJEITOS	17
6.	PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	17
6.1	CARACTERIZAÇÃO DE REJEITOS IMOBILIZADOS EM CIMENTO	17
6.2	IMOBILIZAÇÃO DE SOLVENTES ORGÂNICOS	20
6.3	DEPOSIÇÃO FINAL	20
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. INTRODUÇÃO

A instalação do reator de pesquisas IEAR-1 de 5 MW em São Paulo, na década de 50, proporcionou que diversos experimentos em física de reatores e nuclear, radioquímica, radiobiologia etc pudessem ser realizados auxiliando na formação de especialistas para a área nuclear. A aplicação de radioisótopos, produzidos com o uso do reator, na medicina e indústria foi uma consequência imediata.

Como consequência dessas atividades, quantidades pequenas de rejeitos foram sendo geradas. Apesar disso suas atividades e quantidades não eram grandes uma vez que os radioisótopos produzidos tinham meia vida curta e o volume de rejeito gerado era minimizado tanto quanto possível no processo de origem.

O gerenciamento de rejeitos durante essa época foi feito essencialmente pela equipe de proteção radiológica e consistia basicamente em armazenar o rejeito temporariamente até o decaimento a níveis de isenção para depois eventualmente enterrar em trincheiras com cerca de dois metros de profundidade.

Após a aprovação do programa brasileiro de energia nuclear e também com o aumento do uso de radioisótopos na indústria, medicina, agricultura e em outras atividades foi formado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPEN, em 1982, um departamento encarregado de:

- coletar, tratar e condicionar toda espécie de rejeitos gerados no IPEN ou provenientes de instituições externas,

- desenvolver novos processos de tratamento e condicionamento ou implantar processos para o tratamento de todas espécies de rejeitos produzidos no Brasil, e

- realizar um programa extenso de pesquisa, desenvolvimento e demonstração, RD&D, na área de tratamento e deposição de rejeitos.

O departamento compõe-se basicamente de duas divisões: uma responsável pelo tratamento, condicionamento, transporte e armazenagem temporária e outra responsável pelo programa de RD&D dedicado a tornar disponível as várias técnicas para o tratamento de todas as espécies de rejeito, bem como implementar um programa de controle de qualidade e realizar algumas atividades no campo de deposição final.

2. FONTES DE REJEITO

Os rejeitos radioativos tratados no IPEN e decorrentes de suas próprias atividades tem origem basicamente nos setores de engenharia química, metalurgia, produção de radioisótopos, radioquímica, física nuclear, no reator, no laboratório de descontaminação etc.

A contribuição relativa das diversas origens de rejeitos, em termos volumétricos, é mostrada na Figura 1 e os radioisótopos contaminantes principais são mostrados na Figura 2.

Os rejeitos radioativos sólidos são produzidos principalmente durante as atividades de limpeza e descontaminação sob a forma de panos, papel, celulose, botas, plásticos, luvas, vestimentas, sapatilhas etc. Materiais provenientes de laboratórios, por exemplo sacos plásticos, latas, frascos etc bem como filtros de ar exauridos e contaminados também contribuem para o inventário de rejeitos sólidos sendo a sua maior parte composta de rejeitos de nível baixo.

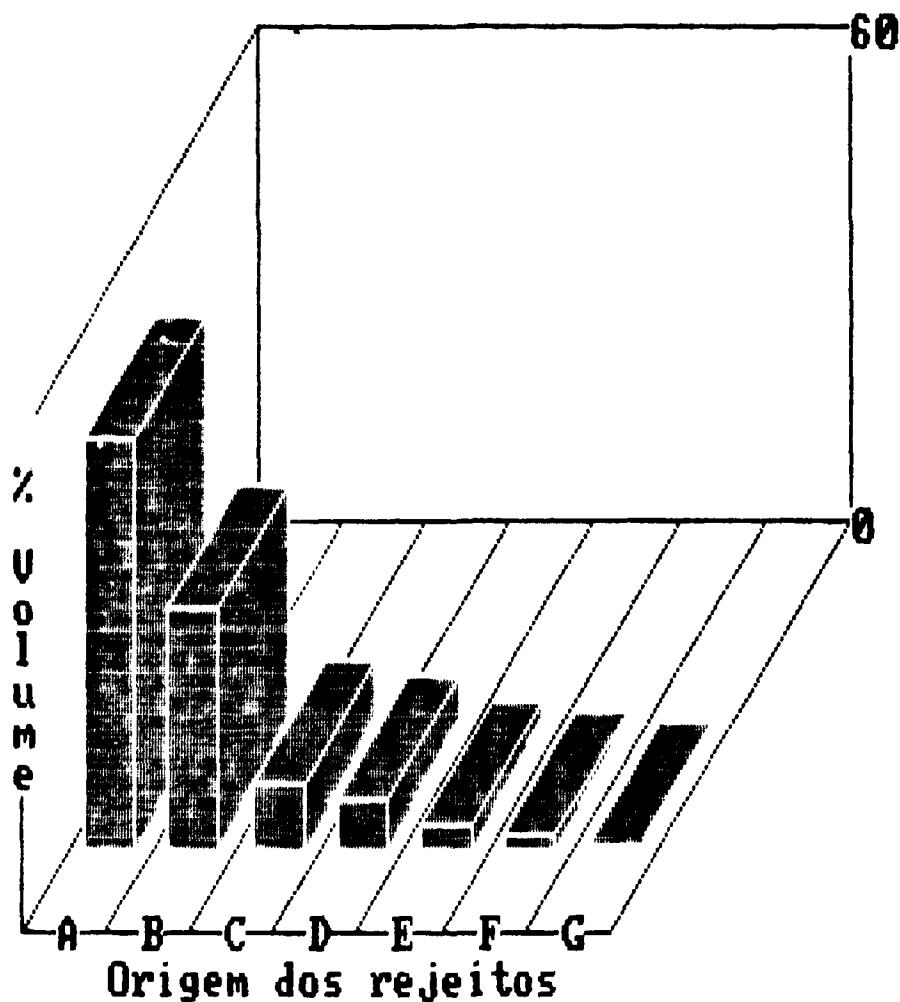
Outros materiais contaminados e não compactáveis também são recebidos pela unidade de tratamento de rejeitos do IPEN. São peças metálicas, madeira, fontes radioativas seladas, ferramentas, componentes defeituosas, materiais de demolição e desmantelamento, resinas de troca iônica etc.

Quantidades pequenas de carcaças contaminadas de animais, utilizadas no controle de qualidade dos radiofármacos produzidos no IPEN, ou resultantes de pesquisas biológicas também são recebidos pelo departamento.

Além dos rejeitos gerados na própria instituição, o IPEN atende a comunidade recebendo e tratando rejeitos provenientes dos laboratórios de análises clínicas, hospitais, indústrias, firmas de gamagrafia etc. Alguns tipos de rejeitos recebidos dessas origens são: fontes de gamagrafia exauridas, fontes utilizadas em medidores de espessura, de nível etc, para-raios radioativos, fontes para calibração de instrumentos, líquidos cintiladores contaminados etc.

3. CLASSIFICAÇÃO DE REJEITOS

Com o interesse de preservar a saúde do público e garantir a segurança, foi criada uma regulamentação brasileira específica para rejeitos radioativos cobrindo



- A - Departamento de Engenharia Química
- B - Departamento de Metalurgia
- C - Laboratório de Descontaminação
- D - Departamento de Produção de Radioisótopos
- E - Instituições Externas
- F - Departamentos de Pesquisa (Física Nuclear, Radioquímica etc)
- G - Reator

Figura 1 - Geradores de rejeito (% volume)

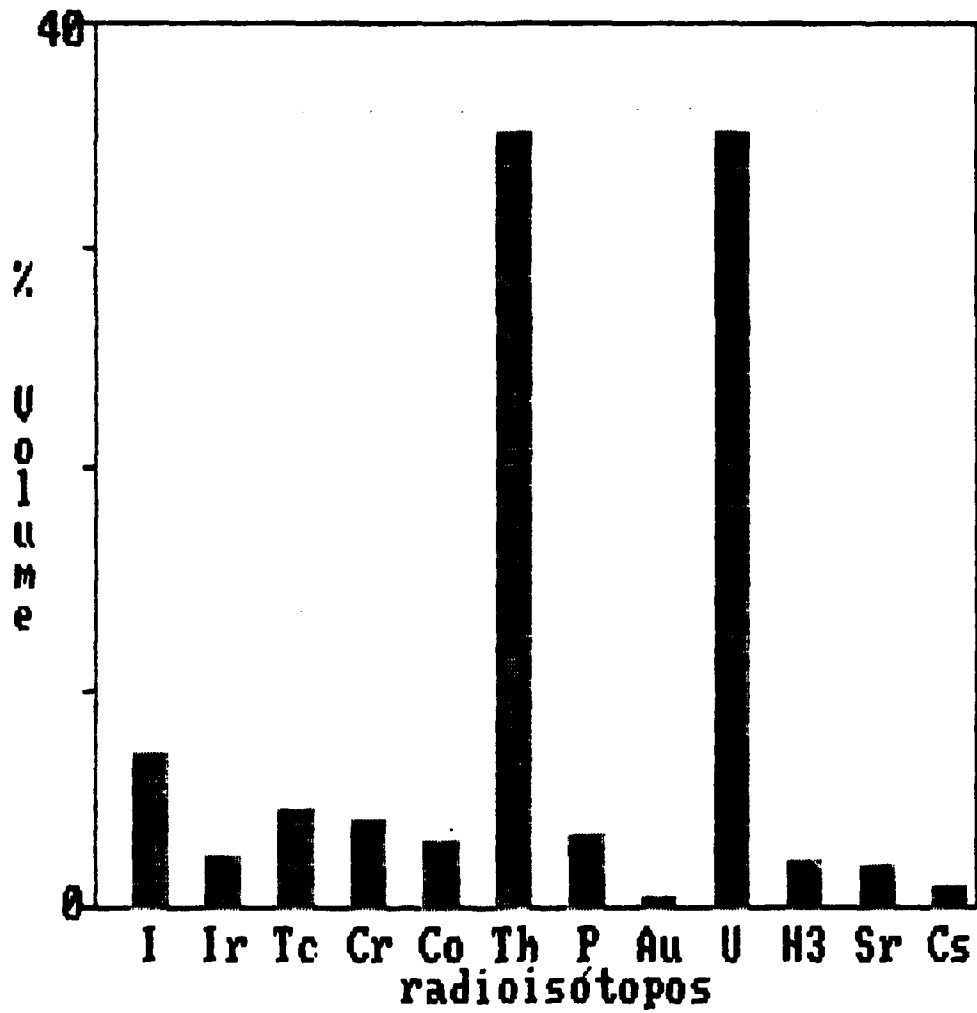


Figura 2 - Radioisótopos contaminantes dos rejeitos em % do volume total

todos os aspectos do uso de materiais radioativos no ciclo do combustível nuclear bem como aqueles resultantes de atividades nucleares fora do ciclo do combustível.

A classificação oficial de rejeitos no Brasil⁽¹⁾ baseia-se nas normas da Agência Internacional de Energia Atômica -AIEA e é conhecida como "Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radioativas".

A classificação utilizada apoia-se nos requisitos de saúde e segurança e em resultados práticos obtidos de outros países.

Os rejeitos são classificados de acordo com seu estado físico, natureza da radiação emitida, concentração de radionuclídeos e taxa de exposição.

Inicialmente os rejeitos são classificados com base em seu estado físico de agregação, isto é:

- rejeitos líquidos;
- rejeitos sólidos; e
- rejeitos gasosos.

além de serem distinguidos conforme o conteúdo de emissores alfa.

De acordo com essas classificações pode-se selecionar a técnica mais apropriada de tratamento. Outras classificações mais detalhadas baseiam-se nas propriedades individuais dos radionuclídeos.

A Tabela I mostra a classificação usada no Brasil para rejeitos sólidos, líquidos e gasosos de acordo com o conteúdo radioativo ou taxa de exposição.

O limite superior para a atividade específica de rejeitos sólidos com autorização para serem eliminados no sistema de coleta municipal é de 74 Bq/g (2 nCi/g), enquanto que para os rejeitos líquidos e gasosos que podem ser eliminados na rede de esgotos ou atmosfera, existe uma tabela específica para cada radionuclídeo.

4. SISTEMA DE COLETA DE REJEITOS

A variedade ampla de rejeitos radioativos existente, quanto ao tipo, forma e conteúdo radioativo exige que os mesmos sejam segregados na origem de forma a permitir que técnicas adequadas de tratamento possam ser aplicadas a cada caso.

Tabela I - Classificação de rejeitos radioativos no Brasil.

Categoria	Emissor beta gama	Emissor alfa
	Taxa superficial de exposição (X) ($\mu\text{C}/\text{kg}\cdot\text{h}$)	Concentração (c) (Ci/m^3)
I. Rejeitos Sólidos		
N. baixo	$X \leq 50$	$0,01 \leq c < 10$
N. médio	$50 < X \leq 500$	$10 < c \leq 1000$
N. alto	$X > 500$	$c > 1000$
	Concentração (c) (Ci/m^3)	Concentração (c) (Ci/m^3)
II. Rejeitos Líquidos		
N. baixo	$c \leq 1$	$0,01 < c \leq 1$
N. médio	$1 < c \leq 1000$	$1 < c \leq 1000$
N. alto	$c > 1000$	$c > 1000$
	Concentração (c) (Ci/m^3)	
III. Rejeitos Gasosos		
N. baixo	$c \leq 10^{-10}$	
N. médio	$10^{-10} < c \leq 10^{-6}$	
N. alto	$c > 10^{-6}$	

De forma a atender esta necessidade foi elaborada uma relação de procedimentos⁽²⁾ onde são apresentados os critérios gerais e requisitos básicos relativos a coleta e transporte de rejeitos radioativos dentro das instalações do IPEN-CNEN/SP.

Os aspectos considerados na coleta e transporte de rejeitos na área de propriedade do IPEN e referentes aos rejeitos líquidos e sólidos são:

- recipientes;
- coleta;
- identificação;
- amostragem e análise;
- comunicação; e
- transporte.

No IPEN a responsabilidade pela coleta adequada dos rejeitos e do operador da instalação onde os mesmos são gerados. O cumprimento das normas de proteção radiológica aplicáveis a coleta e ao transporte dos rejeitos é do supervisor de proteção radiológica e finalmente é da responsabilidade e competência do supervisor de tratamento de rejeitos o cumprimento dos requisitos de transporte desses rejeitos até a área de tratamento e estocagem.

Nas Tabelas II, III, IV e V são mostrados exemplos das etiquetas utilizadas no IPEN para a identificação dos recipientes contendo rejeitos radioativos a serem coletados e as folhas contendo informações sobre aqueles materiais que devem ser transferidos para as instalações de tratamento.

Com o objetivo de facilitar os procedimentos de tratamento, os rejeitos são segregados na origem. Assim para esse fim, os rejeitos sólidos são separados em compactáveis, não compactáveis e biológicos, enquanto que os rejeitos líquidos em orgânicos e inorgânicos.

A amostragem e análise dos rejeitos que venham a ser recebidos para tratamento são necessárias para a melhor escolha das técnicas de tratamento e condicionamento a serem utilizadas, a estocagem temporária e mesmo para atender os critérios de aceitação para a deposição final.

5. INSTALAÇÕES PARA TRATAMENTO DE REJEITOS

Os rejeitos gerados no IPEN bem como todo rejeito radioativo proveniente de instituições externas que recorrem ao IPEN são tratados e condicionados utilizando-se por

Tabela II - Etiqueta usada nos recipientes para rejeitos líquidos

REJEITO RADIOATIVO LÍQUIDO

N^o 0501

DEPTO./DIVISÃO _____

LABORATÓRIO _____

VOLUME _____ TAXA DE EXPOSIÇÃO _____ µC/kg. h

TIPO DE REJEITO _____

RADIONUCLÍDEOS _____ TIVIDADE (Bq) _____

RESPONSÁVEL _____ DATA _____

Tabela III - Etiqueta usada nos recipientes para rejeitos sólidos

REJEITO RADIOATIVO SÓLIDO

N^o 0001

<input type="checkbox"/> COMPACTÁVEL <input type="checkbox"/> BIOLÓGICO <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> NÃO COMPACTÁVEL <input type="checkbox"/> MEIA VIDA CURTA <input type="checkbox"/>
--	--

DEPTO/DIVISÃO _____

LABORATÓRIO _____

RADIONUCLÍDEOS PROVÁVEIS _____

CONTEUDO TÍPICO _____

TAXA DE EXPOSIÇÃO _____ C/kg. h

RESPONSÁVEL _____ DATA _____

exemplo as técnicas de compactação, cimentação, incineração ou qualquer outra especialmente desenvolvida para cada rejeito específico.

Pelo fato de uma certa fração dos rejeitos gerados no IPEN ser contaminada com radionuclídeos de meia vida curta, o tratamento aplicado àqueles rejeitos e o de armazenagem temporária até que os níveis de atividade caiam bem abaixo dos níveis de isenção estabelecidos pelas normas e posteriormente liberá-los ao meio ambiente. Os níveis atingidos situam-se usualmente muito abaixo daqueles detectáveis pelos instrumentos de medida.

5.1 Unidade de compactação

A unidade de compactação do IPEN^(3,4) consiste de uma prensa, como mostra a Figura 3, com força máxima equivalente a 10 toneladas. Possui um êmbolo com 56 cm de diâmetro permitindo que os rejeitos possam ser compactados diretamente em tambores de 200 L. O fator de redução de volume varia tipicamente entre 4 e 5.

5.2 Imobilização de rejeitos sólidos não compactáveis

5.2.1 Rejeitos sólidos não compactáveis

Aqueles rejeitos que não podem ser reduzidos em volume, por aplicação de pressão, são eventualmente fragmentados utilizando-se serras, tesouras etc e colocados em tambores de 200 L. Verte-se então uma pasta de cimento fluida sobre os mesmos imobilizando-os. Incluem-se nesta categoria de rejeitos, peças metálicas e partes contaminadas de equipamento, escombros, pisos etc provenientes do desmantelamento de laboratórios onde se manipulam materiais radioativos.

5.2.2 Fontes radioativas

Fontes radioativas exauridas e que não se prestam mais ao que se destinam são também imobilizadas em tambores de 200 L revestidos com blindagens de concreto ou por vezes são imobilizadas juntamente com suas blindagens originais. O conteúdo radioativo dessas embalagens obedece sempre os

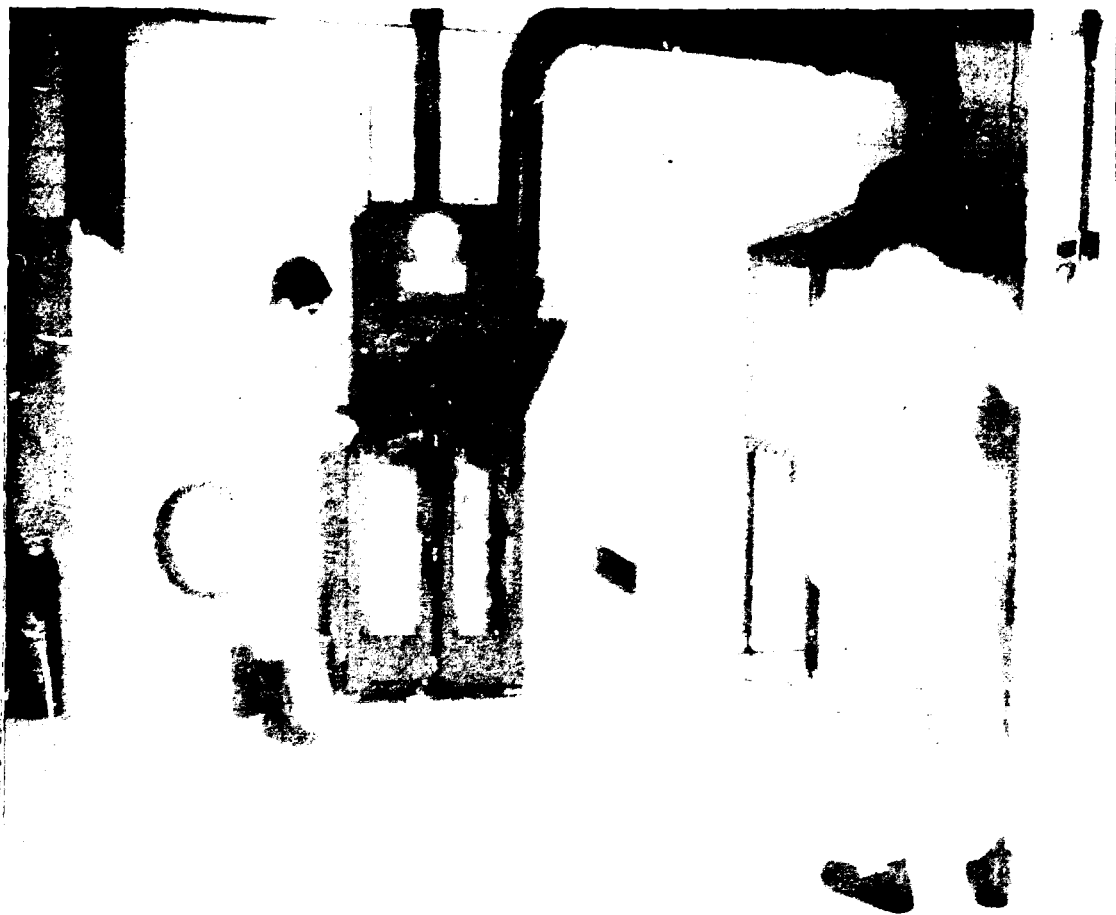


Figura 3 – Unidade de compactação

limites de atividade para cada radionuclídeo ou composição dos mesmos, bem como os limites de taxa de exposição.

Alguns tipos de fontes radioativas, por exemplo o ^{224}Ra , recebem tratamento e condicionamento específico⁽¹⁰⁾. Nas Figuras 4 e 5 são mostrados alguns detalhes das cápsulas e embalagens utilizadas para o condicionamento de fontes de ^{224}Ra . As embalagens foram projetadas para atender os critérios de transporte, armazenagem temporária e mesmo aqueles para deposição final.

5.3 Unidade de incineração

Um sistema para incinerar rejeitos radioativos combustíveis sólidos está sendo desenvolvido e instalado no IPEN para atingir fatores de redução de volume e massa maiores. O objetivo principal dessa instalação é a queima de carcaças de animais pequenos (cobaias) utilizados no controle de qualidade de radiofármacos ou provenientes de pesquisas.

A instalação foi projetada de forma a ter uma capacidade para incinerar 5 kg/h e inclui duas câmaras de combustão: a câmara incineradora propriamente dita e a câmara pós queimadora para assegurar a combustão completa dos gases. O aquecimento elétrico adotado garante uma segurança operacional adicional quando comparado com sistemas que utilizam combustão a gás ou a óleo, além de reduzir o volume dos gases secundários a serem tratados. O sistema de tratamento de gases consiste de um ciclone, precipitador eletrostático, condensador, filtro de carvão ativado e filtro tipo HEPA ("High Efficiency Particulate Air filters").

5.4 Destilador para soluções cintiladoras

Anualmente cerca de 3000 L de soluções cintiladoras, utilizadas para fins de diagnóstico médico, são recebidas no IPEN para tratamento. A contaminação típica daquelas soluções é de ^3H , ^{14}C ou ^{125}I e a atividade total é usualmente inferior a 74 MBq (2 mCi).

Por causa do risco radiológico associado a esse tipo de rejeito ser baixo, o tratamento usualmente aplicado é a diluição e a dispersão no meio ambiente, ou quando houver

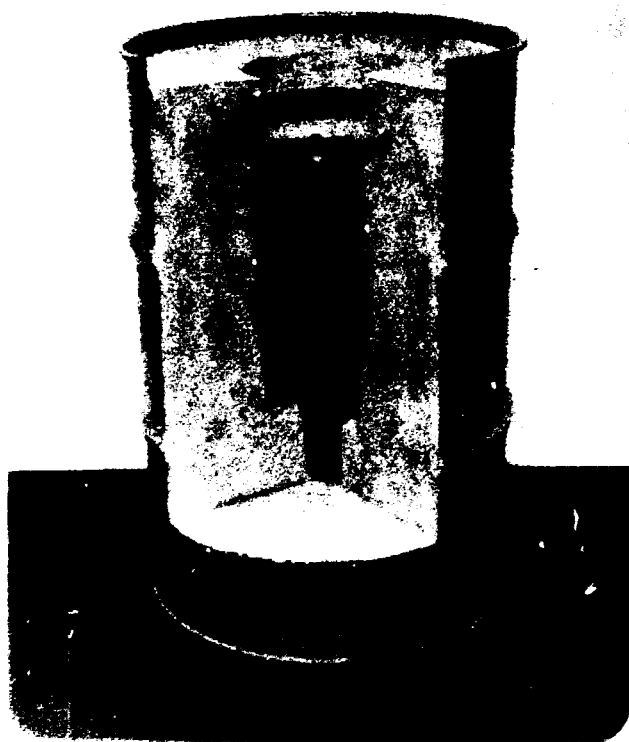


Figura 4 – Embalagem fina' para fontes de ^{226}Ra .

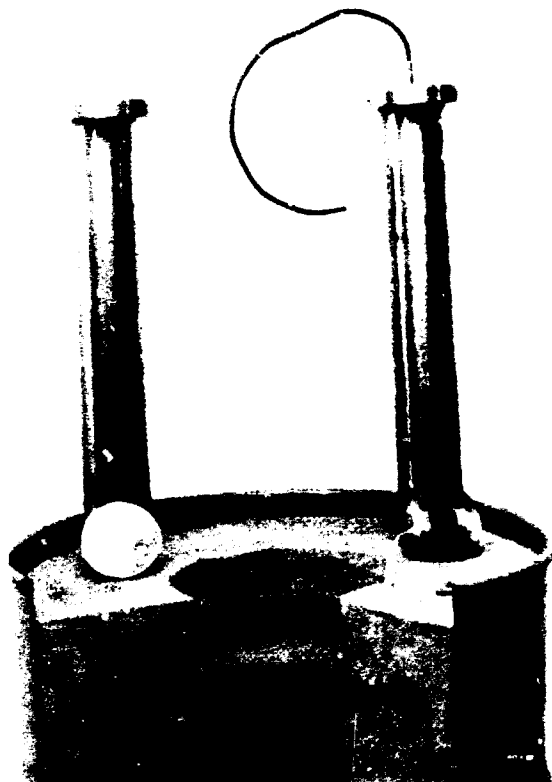


Figura 5 – Detalhe das cápsulas utilizadas para embalar fontes de ^{226}Ra .

disponibilidade usa-se incinerar a solução cintiladora.

Quando a instituição não possui um incinerador a prática da diluição e liberação ao meio ambiente deve ser feita com muito cuidado pois os solventes utilizados naquelas soluções, em geral, são cancerígenos. Assim, uma vez recebido pelo IPEN o volume do rejeito é reduzido separando-se o solvente por meio de destilação. Esse solvente pode ser eventualmente reaproveitado⁽⁴⁾. O dispositivo experimental utilizado nesta prática é mostrado na Figura 6.

5.5 Armazenagem temporária dos rejeitos

A armazenagem temporária dos rejeitos tratados e condicionados, além daqueles guardados para decaimento, é feita em dois galpões com áreas de 162 e 200 m² respectivamente. O piso dos galpões foi projetado de forma a poder suportar uma carga de até quatro tambores empilhados, provenientes do processo de compactação. Para aqueles embalados de concreto e que apresentam uma densidade maior existe uma área dentro do galpão menor que suporta cargas maiores e possui cerca de 63 m².

Na Figura 7 são mostrados alguns tambores armazenados num dos galpões mencionados.

6. PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

6.1 Caracterização de rejeitos imobilizados em cimento

A imobilização de rejeitos radioativos em cimento é uma prática muito utilizada por ser barata, fácil de ser aplicada e a respeito da qual tem-se muitas informações relatadas na literatura. A cimentação foi considerada portanto uma técnica adequada a imobilização de diversos fluxos de rejeitos no Brasil.

Contudo, apesar de ser uma técnica bastante conhecida, uma série de parâmetros devem ser observados no controle de qualidade do rejeito imobilizado. Os parâmetros que estão sendo estudados no IPEN são: homogeneidade, conteúdo de sais, compressão axial, tempo de pega, taxa de lixiviação, porosidade, temperatura de hidratação, condutividade térmica etc. Ensaios estão sendo feitos também com a adição de alguns produtos buscando melhorar as características gerais do rejeito imobilizado.

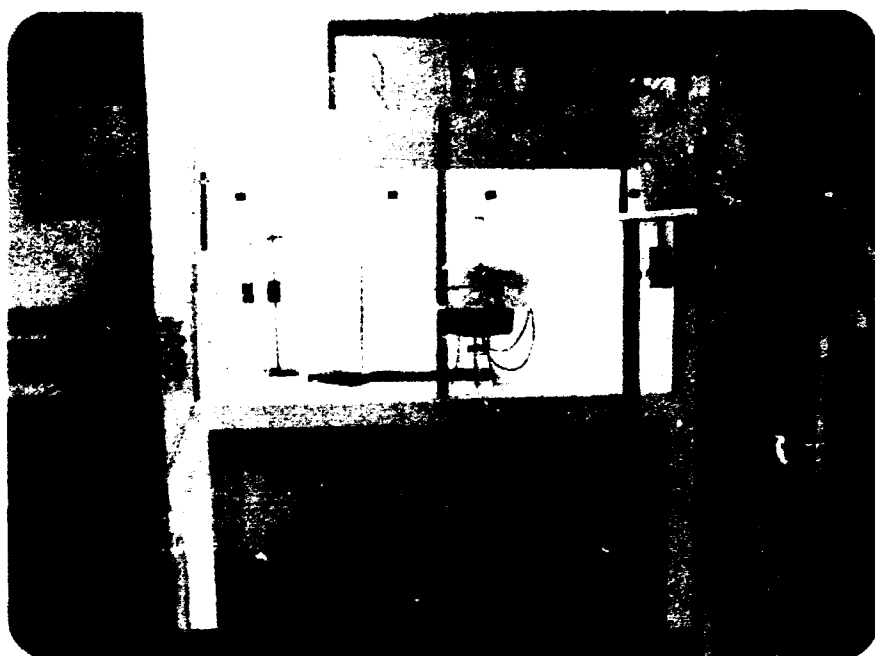


Figura 6 – Destilador para soluções cintiladoras



Figura 7 – Armazenagem temporária

6.2 Imobilização de solventes orgânicos

Com o objetivo de obter competência tecnológica para o tratamento e condicionamento de solventes orgânicos, estudos estão sendo realizados sobre a aplicação de técnicas de imobilização em matrizes plásticas (por exemplo PVC).

6.3 Deposição final

Alguns estudos estão sendo realizados no IPEN buscando auxiliar o estabelecimento de parâmetros úteis para a seleção de sítio de deposição final bem como estabelecer critérios operacionais para o mesmo. Os estudos envolvem medidas de parâmetros para caracterizar a migração de radionuclídeos em meios geológicos, estudo de embalagens de concreto a serem utilizadas no repositório para reembalar embalagens danificadas ou que apresentam problemas de integridade e finalmente esta-se utilizando também códigos de computação para avaliar os parâmetros críticos necessários para a caracterização da área de deposição final.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Gerência de rejeitos radioativos em instalações nucleares*. Nov. 1985 (CEN-NE-6.05)
- (2) VICENTE, R., *Procedimentos para a coleta e transporte de rejeitos radioativos do IPEN*. (Relatório Interno) 1987.
- (3) MIYAMOTO, H., SUAREZ, A. A., VICENTE, R. Experience on the operation of a low level solid waste treatment facility. *In: Seminar on Management Options for Low- and Intermediate-Level Wastes in Latin America*, Rio de Janeiro, October 13-17, 1986, p. 120, PUB. IPEN 112, São Paulo (1987).
- (4) VICENTE, R., MIYAMOTO, H. Facility for low-level waste treatment. *In: Seminar on Management Options for Low- and Intermediate-Level Wastes in Latin America*, Rio de Janeiro, October 13-17, 1986, p. 37, PUB. IPEN 112, São Paulo (1987).
- (5) VILLALOBOS, J. P., VICENTE, R., SUAREZ, A. A. Design of a package for encapsulation, transport and final disposal of discarded radium needles. *In: Seminar on Management Options for Low- and Intermediate-Level Wastes in Latin America*, Rio de Janeiro, October 13-17, 1986, p. 1, PUB. IPEN 112, São Paulo (1987).
- (6) DELLAMANO, J. C. *Distillation as a pretreatment process of waste scintillation solutions*. São Paulo, 1986 (PUB. IPEN 137).