

# GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS EM INSTITUIÇÕES DE PESQUISA NA ÁREA DA SAÚDE

José Claudio Dellamano, Tomie Hirayama

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP  
Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN  
Caixa Postal 11.049  
05542-970, São Paulo, Brasil

## RESUMO

A crescente utilização de radionuclídeos nas pesquisas referentes à área da saúde tem gerado um aumento considerável de tipos e quantidades de rejeitos radioativos. Estes rejeitos devem ser gerenciados de maneira adequada e segura a fim de minimizar os riscos envolvidos. Os riscos associados a estes rejeitos e sua conseqüente gerência dependem da técnica utilizada nos ensaios, do radionuclídeo e de sua atividade, além de outros aspectos tais como toxicidade química, patogenicidade etc. Para a condução destas pesquisas, são utilizadas principalmente fontes não seladas, dando origem a quatro tipos de rejeitos radioativos: sólidos compactáveis, líquidos inorgânicos, líquidos orgânicos e sólidos biológicos. Os principais radionuclídeos presentes nestes rejeitos são: H-3, C-14, P-32, S-35, I-125 e Ca-45. Os aspectos relacionados à gerência destes rejeitos, tais como, minimização, segregação, caracterização, armazenamento, disposição final e registros são abordados neste trabalho.

**Palavras chave:** rejeito radioativo, gerência de rejeitos, instituições de pesquisa

## I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a utilização de radionuclídeos por pesquisadores de instituições da área da saúde, tem crescido consideravelmente. Os principais radionuclídeos utilizados nestas pesquisas são aqueles apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Principais Radionuclídeos Usados na Pesquisa

Radionuclídeo	Tipo de Emissão	Meia-vida
H-3	$\beta$	12,2 anos
C-14	$\beta$	5.730 anos
Na-24	$\beta$ e $\gamma$	14,9 horas
P-32	$\beta$	14,3 dias
S-35	$\beta$	87,9 dias
Ca-45	$\beta$	163 dias
Cr-51	$\gamma$	27,8 dias
Ga-67	$\gamma$	78,3 horas
Tc-99m	$\beta$ e $\gamma$	6 horas
I-125	$\gamma$	60,2 dias
I-131	$\beta$ e $\gamma$	8 dias

Au-198	$\beta$ e $\gamma$	2,7 dias
Tl-201	$\gamma$	73,1 horas

A maioria destes radionuclídeos caracteriza-se por emissões de energia baixa e por meias-vidas curtas, excetuando-se o H-3 e o C-14, sendo as atividades manipuladas da ordem de  $3,7 \times 10^7$  Bq.

Apesar do volume e das concentrações de atividade manipuladas não serem elevados é necessário que a gerência de rejeitos radioativos seja conduzida de modo a minimizar as doses nos trabalhadores e indivíduos do público e preservar o meio ambiente. Portanto, neste trabalho serão abordadas as etapas desta gerência.

## II. CLASSIFICAÇÃO DOS REJEITOS

Os rejeitos radioativos gerados nas instituições de pesquisa constituem quatro grupos: sólidos, líquidos orgânicos, líquidos inorgânicos e biológicos.

Os rejeitos sólidos são compostos basicamente por luvas, ponteiros de pipetas e micropipetas, papéis de limpeza (papel higiênico, lenços de papel, papel toalha), algodão e materiais de forração de bancadas, o que resulta

em uma densidade média de  $0,1 \text{ g/cm}^3$ . Considerando esta composição, os radionuclídeos presentes e de acordo com a Norma CNEN-NE-6.05 [1], estes rejeitos são classificados como *rejeito sólido  $\beta,\gamma$  de baixo nível de radiação (SBN)*.

Os rejeitos líquidos são classificados como *rejeito líquido  $\beta,\gamma$  de baixo nível de radiação (LBN)* [1], podendo ser orgânicos ou inorgânicos. Os orgânicos constituem-se de soluções cintiladoras e os inorgânicos de soluções tampão e de lavagem.

São considerados rejeitos biológicos, as cobaias utilizadas nos experimentos. Estes rejeitos recebem a mesma classificação dos rejeitos sólidos, devendo ser

agrupados separadamente devido à sua patogenicidade e ao tipo de tratamento posterior.

### III. GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS

Os rejeitos radioativos gerados nas instituições de pesquisa devem ser gerenciados na própria instalação. Na Figura 1 apresenta-se um fluxograma das principais etapas envolvidas nesta gerência, desde a aquisição das substâncias radioativas até o destino final dos rejeitos gerados.

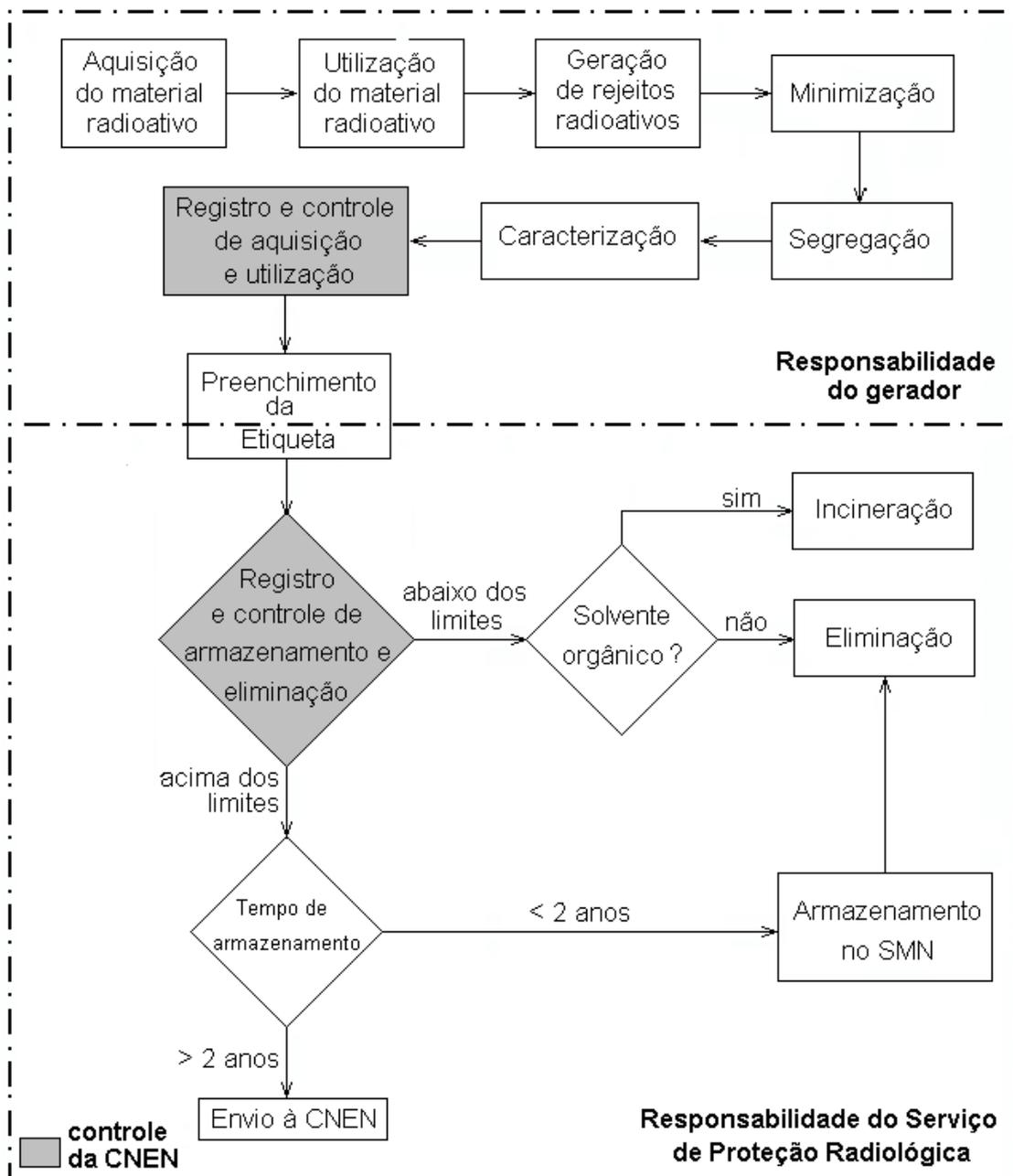


Figura 1. Fluxograma Geral da Gerência de Rejeitos Radioativos em Instituições de Pesquisa

**Aquisição, Utilização e Geração.** A utilização de substâncias radioativas em instituições de pesquisa está condicionada a aprovação prévia pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, de acordo com a Norma CNEN-NN-6.01 [2].

**Minimização.** Em qualquer instalação, o número de embalagens utilizado para coleta e transporte e a área necessária para armazenamento, estão intimamente relacionados com o volume de rejeitos radioativos gerados. Portanto, qualquer redução deste volume, implicará em uma redução significativa dos custos de sua gerência. Esta redução pode ser conseguida por meio de procedimentos bastante simples, tais como os apresentados a seguir. Além desses procedimentos, as instituições de pesquisa devem sempre considerar a utilização de novos processos e metodologias.

Rejeitos Sólidos. Reutilização de luvas e materiais de transferência, racionalização do consumo de papéis de limpeza e de forrações de bancadas e monitoração das forrações de bancadas, descartando como rejeito radioativo apenas as áreas efetivamente contaminadas.

Rejeitos Líquidos. Redução do volume de solução de análise, otimização do volume de soluções de lavagem e substituição dos coquetéis a base de solventes orgânicos.

Rejeitos Biológicos. Otimização da atividade administrada e substituição de radionuclídeos.

**Segregação e Coleta.** Os rejeitos devem ser segregados por forma física, em sólidos, líquidos e biológicos e por radionuclídeo presente, e coletados no mesmo local em que foram gerados. Os recipientes devem ser destinados somente aos rejeitos radioativos, e serem devidamente identificados com o símbolo de radiação, devendo existir outros recipientes para o lixo “comum”.

A embalagem mais utilizada para coleta de rejeitos sólidos é o saco plástico, reforçado (0,08 a 0,2 mm de espessura) com capacidade de 20 litros, inserido em lixeira de acrílico ou chumbo, dependendo da atividade e do radionuclídeo manipulado. As agulhas e objetos cortantes ou perfurantes devem estar protegidos em pequenas caixas ou latas.

Os rejeitos líquidos inorgânicos devem ser coletados separadamente dos orgânicos. Além disso, deve-se certificar que os rejeitos coletados num mesmo recipiente não causem reações exotérmicas ou geração de gases. A coleta dos rejeitos líquidos deve ser feita em recipientes plásticos ou vítreos, de acordo com as características químicas dos rejeitos, entretanto, sempre que possível, utilizar recipientes plásticos. Estes recipientes podem ter capacidade variando entre 2 e 20 litros, dependendo do volume gerado, e devem ser colocados sobre uma bandeja de material inquebrável, funda o suficiente para conter a quantidade do líquido, caso haja um derramamento.

Os rejeitos biológicos (cobaias) devem ser embrulhados, um a um, em papel permeável, e armazenados em freezer.

**Caracterização Primária.** A caracterização primária de rejeitos radioativos consiste na avaliação e determinação de diversas características, sejam elas físicas, químicas e radiológicas. Nas instituições de pesquisa esta etapa é simplificada, uma vez que as características físicas e químicas dos rejeitos gerados, são conhecidas e constantes. Em relação as características radiológicas, embora os radionuclídeos manipulados sejam conhecidos e em pequeno número, faz-se necessário a determinação da concentração de atividade para que seja definido o destino dos rejeitos, ou seja, eliminação na rede de esgoto ou na coleta de lixo urbano ou hospitalar, armazenamento para decaimento e posterior eliminação, incineração, ou ainda encaminhamento aos institutos da CNEN para tratamento.

Rejeitos Líquidos. A determinação da concentração de atividade é uma tarefa facilmente realizável, já que as instituições de pesquisa dispõem de equipamentos para a realização destas análises. É necessário somente a implantação de um procedimento padrão para esta determinação.

Rejeitos Sólidos. Neste caso, a caracterização torna-se uma tarefa mais difícil, visto que o rejeito não é homogêneo, a energia de alguns radionuclídeos presentes é muito baixa, as instituições não dispõem de equipamentos para realização destas análises e a aquisição destes equipamentos não é economicamente viável, considerando a classificação dos rejeitos. Uma alternativa é o balanço de atividade durante o manuseio com substâncias radioativas.

Rejeitos Biológicos. Para este tipo de rejeito basta determinar a razão entre a atividade administrada na cobaia e a massa da mesma.

**Registros.** Todos os dados referentes à gerência de rejeitos radioativos devem ser anotados em formulários próprios. Basicamente, três tipos de formulários são utilizados para este fim. Um formulário para controle de aquisição e utilização de substâncias radioativas, apresentado na Figura 2, a ser preenchido pelo gerador e outros dois formulários para controle de armazenamento e eliminação de rejeitos, apresentados nas Figuras 3 e 4, a serem preenchidos pelo Serviço de Radioproteção.

Além desses formulários, é de responsabilidade do gerador e do Serviço de Radioproteção o preenchimento da etiqueta de identificação de cada embalagem que contenha rejeitos radioativos, com os seguintes dados: origem; descrição do material; radionuclídeos presentes; atividade total ou concentração de atividade; taxa de dose na superfície; forma física; composto químico (orgânico ou inorgânico); peso ou volume; compactável ou não compactável; risco biológico; cuidados adicionais; data de recolhimento; e, nome do responsável.

<b>LABORATÓRIO:</b>				<b>RADIONUCLÍDEO:</b>		
<b>AQUISIÇÃO</b>		<b>UTILIZAÇÃO</b>		<b>GERAÇÃO DE REJEITOS</b>		<b>PESQUISADOR</b>  <b>RESPONSÁVEL</b>
Data	Atividade (A <sub>0</sub> ) mCi	Data	Atividade (A <sub>u</sub> ) mCi	Atividade rejeito sólido (A <sub>rs</sub> ) mCi	Atividade rejeito líquido (A <sub>rl</sub> ) mCi	

Figura 2. Formulário para Controle de Aquisição e Utilização de Substâncias Radioativas e de Geração de Rejeitos.

CÓDIGO EMBALAGEM	ORIGEM (LAB.)	DATA DA COLETA	RADION. PRESENTES	ATIVIDADE ESTIMADA (nCi)	PESO (g)	CONC. ATIVIDADE (nCi / g)	DATA PREVISTA DESCARTE	DATA DO DESCARTE	DATA ENVIO CNEN

Figura 3. Formulários para Controle de Armazenamento e Eliminação de Rejeitos Radioativos Sólidos

CÓDIGO EMBALAGEM	ORIGEM (LAB.)	DATA DA COLETA	RADION. PRESENTES	VOL. (mL)	CONC. ATIVIDADE (μCi / mL)	DATA PREVISTA DESCARTE	DATA DO DESCARTE	DATA ENVIO CNEN	DATA ENVIO INCINER.

Figura 4. Formulários para Controle de Armazenamento e Eliminação de Rejeitos Radioativos Líquidos

**Armazenamento, Eliminação ou Envio à CNEN.** Após a realização da caracterização primária dos rejeitos, podemos definir o destino final dos mesmos, ou seja, eliminação imediata, armazenamento para eliminação futura, ou ainda encaminhamento aos institutos da CNEN. Esta definição baseia-se, principalmente, na meia-vida dos radionuclídeos presentes nos rejeitos e na concentração de atividade dos mesmos.

Rejeitos Sólidos. O limite de descarga para os rejeitos sólidos é de 74 Bq/g (2 nCi/g), para qualquer radionuclídeo

[1]. Isto significa que todos os rejeitos, cuja atividade específica seja inferior a este limite, podem ser eliminados na coleta de lixo urbano ou hospitalar. Caso a atividade específica seja superior a este limite, devem ser armazenados na própria instalação por um período que permita o decaimento de sua atividade até valores inferiores ao limite de descarga.

Baseando-se nos radionuclídeos manipulados nas instituições de pesquisa, o período máximo de armazenamento é de 2 anos. Aqueles rejeitos com atividade específica superior ao limite de descarga, e que

necessitam de um período de armazenamento superior a 2 anos devem ser enviados aos institutos da CNEN para tratamento. Enquadram-se nesta categoria, principalmente, os rejeitos contendo H-3 e C-14.

Rejeitos Líquidos. A eliminação de rejeitos líquidos na rede de esgotos sanitários está sujeita aos requisitos da Norma CNEN-NE-6.05 [1].

Aqueles rejeitos com concentração de atividade ou atividade total, superior aos limites estabelecidos, devem ser armazenados na própria instalação por um período que permita o decaimento de sua atividade até valores inferiores aos limites de descarga.

Assim como para os rejeitos sólidos, o tempo máximo de armazenamento na própria instalação é de 2 anos, sendo o destino final para aqueles que ultrapassarem este período, os institutos da CNEN.

Os rejeitos líquidos orgânicos, soluções cintiladoras contendo solventes orgânicos em suas composições (tolueno, xileno, benzeno etc.), mesmo apresentando concentração de atividade inferior aos limites de descarga e sendo prontamente dispersável, não devem ser eliminados na rede de esgoto. Neste caso, a instituição deve contatar uma empresa que disponha de incinerador, para que estes efluentes sejam incinerados.

Rejeitos Biológicos. O limite de descarga para este tipo de rejeito é o mesmo estabelecido para os rejeitos sólidos (74 Bq/g).

#### IV. COMENTÁRIOS

A gerência de rejeitos radioativos em instituições de pesquisa é simples, entretanto, tem se verificado que a implementação desta, na prática, não é eficaz. O motivo

principal desta situação é o grande número de pesquisadores e pós-graduandos que manipulam substâncias radioativas sem treinamento específico.

Portanto, para melhorar esta situação, sugere-se que a Norma CNEN-NN-6.01 [2] seja aplicada com rigor e que no treinamento especificado nesta Norma, seja dado ênfase aos aspectos práticos da gerência de rejeitos radioativos e de radioproteção.

#### V. REFERÊNCIAS

[1] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, **Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas**, CNEN-NE-6.05, R.J., 1988.

[2] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, **Requisitos para o Registro de Pessoas Físicas para o Preparo, Uso e Manuseios de Fontes Radioativas**, CNEN-NN-6.01, R.J., 1997.

#### ABSTRACT

The use of radioisotopes in research centers, mainly in the health field, is still growing, giving rise to increasing amounts of radioactive waste that must be managed safely and economically sound. These wastes can be classified as solid, organic and inorganic solutions, and biological wastes. The main contaminants are H-3, C-14, P-32, S-35, Ca-45 and I-125. A system for the management of this kind of wastes is presented in this paper.