

## ARMAZENAMENTO E LIBERAÇÃO DE REJEITOS RADIOATIVOS EM UMA INSTALAÇÃO DE MEDICINA NUCLEAR

**TROMBINI, Henrique<sup>1</sup>; DYTZ, Aline Guerra<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande, Física Bacharelado com Ênfase em Física Médica;

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Matemática, Estatística e Física - IMEF.  
alinedytz@furg.br.

### 1 INTRODUÇÃO

Uma instalação de Medicina Nuclear realiza exames diagnósticos (cintilografia) com a utilização de radionuclídeos, que são átomos com excesso de energia no núcleo, ou seja, átomos com os núcleos instáveis. Esses radionuclídeos liberam esse excesso de energia, na busca por estabilidade, e ao fazer isso eles podem emitir ondas eletromagnéticas (radiação gama) e/ou partículas (radiação beta ou alfa, por exemplo). Essa radiação gama, poderá ser detectada por um aparelho utilizado em Medicina Nuclear (gamacâmara) e a imagem do órgão de interesse do paciente é gerada por um sistema de hardware e software. Para que isso aconteça de forma eficiente, o radionuclídeo é injetado no paciente com a utilização de um fármaco associado, o radiofármaco. A função do fármaco é concentrar o material radioativo na região de interesse no paciente. Diversos tipos de radionuclídeos são utilizados em uma instalação de Medicina Nuclear, que são separados de acordo com sua meia-vida e sua atividade <sup>[1,2]</sup>. Essa associação é importante em muitos tipos de cintilografia, como a cintilografia óssea, por exemplo.

Quando uma cintilografia é realizada muitos materiais entram em contato com o material radioativo, materiais como seringas, luvas, frascos, esparadrapos entre outros, o que os tornam radioativos também por contaminação. Todo esse material deve ser armazenado de forma a não expor os indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) a essa radiação, com isso otimizando a dose recebida pelos responsáveis pela manipulação dos radionuclídeos <sup>[3]</sup>. O processo de armazenamento de rejeitos radioativos deve ser realizado de acordo com as normas vigentes estabelecidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) que são as normas CNEN-NN-3.01<sup>[4]</sup> que se refere às Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, CNEN-NN-3.05<sup>[5]</sup> que se refere aos Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear e CNEN-NE-6.05 <sup>[6]</sup> que se refere à Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas.

A manipulação e o armazenamento incorreto desses rejeitos podem ocasionar doses de radiação desnecessárias para o trabalhador da instalação, e pode gerar acúmulos de detritos limitando assim o número de exames de cintilografia realizados na instalação. A forma correta de armazenamento dos rejeitos radioativos é separando-os pela sua meia-vida, pelo fato de que em aproximadamente sete meias-vidas o material radioativo já está apto a ser liberado como lixo comum, assim, se misturarmos <sup>99m</sup>Tc (Tecnécio) que tem meia-vida de 6 horas com <sup>131</sup>I (Iodo) de meia-vida 8 dias o material deverá ficar armazenado por muito mais tempo para que o <sup>131</sup>I alcance a atividade que possibilite o descarte <sup>[1,6]</sup>. Toda instalação de Medicina Nuclear deve ter um plano de radioproteção, e nele deve conter a forma com que os rejeitos são armazenados e o cálculo da atividade com o decorrer do tempo para cada radionuclídeo utilizado por ela. Os rejeitos

também devem ser classificados e etiquetados, e antes do real descarte deve ser feita a leitura das contagens pelo tempo utilizando um Geiger Müller [4-6].

O trabalho teve como objetivo prever teoricamente o tempo necessário para que se possa eliminar os rejeitos e fazer uma estimativa do consumo máximo semanal de material radioativo, auxiliando a medida final com uso de um Geiger-Müller e com isso contribuir para diminuir o nível das exposições desnecessária dos IOE.

## 2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

O presente trabalho foi realizado na instalação Nuclear Sul localizado no Hospital Beneficência Portuguesa de Pelotas/RS. Os radionuclídeos utilizados foram  $^{99m}\text{Tc}$  (Tecnécio),  $^{131}\text{I}$  (Iodo),  $^{123}\text{I}$  (Iodo),  $^{123}\text{Ga}$  (Gálio),  $^{201}\text{Tl}$  (Tálio),  $^{153}\text{Sm}$  (Samário) e o gerador de  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  (Molibdênio/Tecnécio), foi possível a partir disso determinar a atividade desses radionuclídeos com o decorrer do tempo, o tempo necessário de armazenamento desses rejeitos na forma sólida e líquida e a melhor forma de armazenar esses materiais para que os IOE otimizem suas taxas de exposição. As atividades dos radioisótopos com o decorrer do tempo foi determinada a partir da equação (1) e para o gerador de  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  a partir da equação (2), o tempo necessário de armazenamento dos rejeitos líquidos foi obtido a partir da equação (3) para rejeitos sólidos a partir da equação (4) abaixo:

$$A = A_0 * e^{-\mu x} \quad (1)$$

$$\frac{A_{\text{Tc-99m}}}{A_{\text{Tc-99m}}} = \frac{T_{1/2}^{\text{Mo-99}}}{T_{1/2}^{\text{Mo-99}} - T_{1/2}^{\text{Mo-99}}} \quad (2)$$

$$\text{Concentração} \left( \frac{\text{mCi}}{\text{ml}} \right) = \frac{\text{Atividade}(\text{mCi})}{\text{Volume}(\text{ml})} \times 1^{-\left(\frac{0,693}{T}\right) \times t} \quad (3)$$

$$\frac{2\mu\text{Ci}}{\text{kg}} = \frac{\text{Atividade do rejeito}}{\text{massa}} \times 1^{-\left(\frac{0,693}{T}\right) \times t} \quad (4)$$

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontram-se conforme tabelas abaixo:

A Tab. 1 mostra a atividade de um gerador de  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  com o decorrer das semanas, considerando que o gerador novo chegue na instituição com 1.000 mCi.

Tabela 1 – Cálculo da atividade para o gerador de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  com o decorrer do tempo

Molibdênio-99	
Gerador Novo	1.000 mCi
Gerador após 1 semana	172 mCi
Gerador após 2 semanas	29 mCi
Gerador após 3 semanas	5 mCi
Total	1.206 mCi

Conforme os dados da Tab. 1, verifica-se que a atividade do gerador irá diminuir ao passar do tempo, o somatório de todas as atividades calculadas é 1.206 mCi no mês, considerando que a cada semana, a instalação recebe um novo gerador. Assim, a atividade semanal quanto aos geradores é de 1.206 mCi.

A Tab. 2 mostra a atividade com o decorrer das semanas de todos os radionuclídeos utilizados, sendo a dose recebida, a atividade na qual as fontes chegam à instalação.

Tabela 2 – Cálculo da atividade dos radionuclídeos com o decorrer do tempo

Radionuclídeo	Dose Recebida	Dose recebida após 1 semana	Dose recebida após 2 semanas	Dose recebida após 3 semanas	Total
Tl-201	10 mCi	2,02 mCi	0,41 mCi	0,08 mCi	12,51 mCi
I-131	75 mCi	41,00 mCi	22,30 mCi	12,10 mCi	150,40 mCi
Ga-67	10 mCi	2,25 mCi	0,50 mCi	0,11 mCi	12,86 mCi
Sm-153	70 mCi	6,19 mCi	0,54 mCi	0,30 $\mu\text{Ci}$	76,73 mCi
I-123	75 mCi	9,60 $\mu\text{Ci}$	-	-	75,00 mCi

OBS: foram desprezadas as atividades na ordem de microCuries ( $\mu\text{Ci}$ ) no total.

Conforme os dados da Tab. 2, verifica-se que o montante de atividade para cada radionuclídeo utilizado na instalação é relativamente pequeno comparado a atividade do gerador. Na prática estes dados foram comparados com medidas do calibrador de dose as variações ficam abaixo dos 5% estabelecidos na legislação vigente.

A Tab. 3 mostra o tempo de armazenamento para os rejeitos líquidos, com o tempo dado em dias. Com base nesses valores pode-se determinar o dia de liberação desses rejeitos na coleta urbana.

Tabela 3 – Tempo de armazenamento para rejeitos líquidos

Radionuclídeo	Tempo
Tc-99m	7 dias
Tl-201	54 dias
Ga-67	80 dias
I-123	10 dias
I-131	147 dias
Sm-153	41 dias

Conforme os dados da Tab. 3, verifica-se que o tempo de armazenamento dos radionuclídeos, até serem liberados como rejeitos comuns, varia, de 7 dias para o  $^{99m}\text{Tc}$  e até 147 dias para o  $^{131}\text{I}$ .

A Tab. 4 mostra o tempo de armazenamento para os rejeitos sólidos, com o tempo dado em dias. Com base nesses valores pode-se determinar o dia de liberação desses rejeitos na coleta urbana.

Tabela 4 – Tempo de armazenamento para rejeitos sólidos

Radionuclídeo	Tempo
Tc-99m	6 dias
I-201	47 dias
Ga-67	46 dias
I-123	7 dias
I-131	123 dias
Sm-153	48 dias

Conforme os dados da Tab. 4, verifica-se que o tempo de armazenamento dos radionuclídeos, até serem liberados como rejeitos comuns, varia, de 6 dias para o  $^{99m}\text{Tc}$  e até 123 dias para o  $^{131}\text{I}$ .

#### 4 CONCLUSÃO

Com esse trabalho foi visto que é possível determinar matematicamente a atividade com o decorrer do tempo de qualquer radionuclídeo que uma instalação de Medicina Nuclear utilize, auxiliando as medidas com o Geiger-Müller. Também se pode ver que os rejeitos sólidos estudados são classificados como baixo nível de radiação (LBN) e sua taxa de exposição na superfície deverá ser inferior a  $50 \mu\text{Ci}/\text{kg}\cdot\text{h}$  para poderem ser descartados conforme CNEN-NE-6.05, com esses resultados é possível minimizar a exposição dos IOE no momento em que eles utilizam o Geiger Müller para efetuar o descarte. Os rejeitos não oferecem taxa de exposição acima dos referidos em norma por estarem armazenados em local adequado.

#### 5 REFERÊNCIAS

- [1] Kaplan, Irving, **Física Nuclear**, Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 1978.
- [2] Thrall, James & Ziessman, Harvey, **Medicina Nuclear**, Rio de Janeiro: editora Guanabara Koogan S.A., 2003.
- [3] Mendes, Leopoldino da Cruz Gouveia; Carvalho, Antonio Carlos P. Proposta de método de inspeção de radioproteção aplicada em instalações de medicina nuclear. Radiol Bras São Paulo vol.36 no.5 p.292-292, 2003.
- [4] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, CNEN-NN-3.01, 01 de Setembro de 2011, Diretrizes Básicas de Radioproteção, Rio de Janeiro, n. 22 p.
- [5] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, CNEN-NN-3.05, 19 de Abril de 1996, Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear, Rio de Janeiro, n. 15 p.
- [6] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, CNEN-NN-6.05, 17 de Dezembro de 1985, Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas, Rio de Janeiro, n. 36 p.