

## ESTÁGIO ATUAL DO PROJETO DE PREPARO DO GEL DE MOLIBDATO DE ZIRCÔNIO PARA USO NOS GERADORES DE $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

João A. Osso Jr., Nestor C. da Silva, Ana Lúcia V. P. Lima, Fábio de Camargo, Renata C. Nieto, Vanessa Moraes e Liliane Landini

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária  
05508-000 – São Paulo – SP – Brasil

### RESUMO

O projeto de preparo do gel de Molibdato de Zircônio, para uso nos geradores de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ , faz parte das diretrizes do IPEN de nacionalização da produção de radioisótopos empregados em Medicina Nuclear. Atualmente, o  $^{99}\text{Mo}$  usado nos geradores distribuídos pelo Instituto é importado e produzido pela fissão do  $^{235}\text{U}$ . Este trabalho mostra a situação atual do referido projeto, no qual o  $^{99}\text{Mo}$  será produzido pela reação  $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$ , utilizando-se o Reator IEA-R1m do IPEN e, posteriormente, submetido a uma reação química com o Zr, sob condições adequadas para formar o gel de Molibdato de Zircônio. Neste trabalho, também são apresentados os resultados dos testes realizados com os experimentos da planta piloto de preparo do gel de Molibdato de Zircônio. Estes resultados são comparados com aqueles obtidos no processo desenvolvido em laboratório, onde algumas variáveis foram estudadas, como: pH final da solução que contém o gel, concentração inicial das soluções de Mo e Zr, temperatura de reação e ordem de adição dos reagentes. Uma previsão da produção rotineira dos geradores de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  também é exibida.

Keywords: gel generator, technetium-99m, nuclear medicine.

### I. INTRODUÇÃO

O Centro de Radiofarmácia (CR) do IPEN-CNEN/SP tem como missão a produção e distribuição de radioisótopos e radiofármacos, para uso em Diagnóstico e Terapia, na Medicina Nuclear. Seus produtos são rotineiramente distribuídos para cerca de 300 clínicas, hospitais e centros de Medicina Nuclear no país. Estima-se que cerca de 1,8 milhão de pacientes utilizam estes produtos por ano.

O  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  é o traçador radioativo mais utilizado em todo o mundo, na realização de Diagnósticos em Medicina Nuclear. Isto ocorre em virtude de suas características físicas de decaimento serem favoráveis (meia-vida física de 6,02 horas e decaimento de 100% por transição isomérica para o  $^{99}\text{Tc}$ , emitindo um único raio- $\gamma$  de 141keV) e pela sua fácil distribuição na forma de um gerador de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  (o  $^{99}\text{Mo}$  decai com a meia-vida física de 66 horas para o  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ).

O  $^{99}\text{Mo}$  pode ser produzido pela fissão do urânio ou pela reação  $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$  [1-3], que ocorrem em um Reator Nuclear. Atualmente, o IPEN importa o  $^{99}\text{Mo}$  (de fissão) e prepara os geradores com tecnologia própria.

Visando uma economia de divisas e desenvolvimento de tecnologia própria, o Instituto iniciou um programa de nacionalização da produção de radioisótopos. Em particular, o  $^{99}\text{Mo}$  será produzido pela reação de captura (n, $\gamma$ ) no Reator Nuclear IEA-R1m do IPEN, cuja potência foi aumentada de 2 para 5 MW. A técnica escolhida para o preparo do gerador foi a eluição de um gel de Mo, o MoZr (Molibdato de Zircônio).

Este trabalho mostra a situação atual do projeto, descrevendo as etapas de desenvolvimento a nível de laboratório, preparo da planta piloto e montagem da célula de processamento visando a produção rotineira.

### II. PARTE EXPERIMENTAL

**Preparo do Gel de MoZr – Nível de Laboratório.** A preparação do gel de Mo-Zr seguiu a princípio os procedimentos adotados na China [3], e foi desenvolvida primeiro com  $\text{MoO}_3$  não irradiado, com quantidades a

nível de traçador de  $^{99}\text{Mo}$  e com o  $\text{MoO}_3$  irradiado no Reator IEA-R1 do IPEN.

O Mo reage com o Zr, na forma de  $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  em condições ideais de concentração, pH, temperatura e agitação. O gel é então filtrado, seco e finalmente quebrado com solução salina. Este produto pode ser carregado nas colunas de maneira seca ou úmida.

Os parâmetros estudados na preparação do gel de MoZr foram: pH final da solução que contém o gel, concentração inicial das soluções de Mo e Zr, temperatura de reação e ordem de adição dos reagentes.

**Planta Piloto.** Após o desenvolvimento e otimização em laboratório, foram projetados, construídos e montados equipamentos para os testes em escala de planta piloto de preparo do gel de MoZr

**Célula de Processamento.** Otimizada a operação da planta piloto, foi então iniciada a construção da célula de processamento do gel de MoZr. Para este fim foram observados os cuidados quanto a estanqueidade, blindagem, tratamento de rejeitos, exaustão, manutenção e em particular neste projeto a automação do processo.

**Caracterização do Gel.** Pela experiência adquirida, limitou-se a caracterização do gel nas várias fases à determinação do tamanho de partícula e determinação quantitativa de Mo no gel.

#### Determinação do Tamanho de Partículas:

A determinação do tamanho de partículas do gel foi feita usando um sistema de peneiras, pesando as peneiras antes e depois do processo de peneiração.

#### Determinação da Quantidade de Mo:

A quantificação de Mo no gel foi feita por espectroscopia de Ultravioleta-Visível, após dissolução do gel em meio ácido mineral concentrado. O equipamento utilizado foi o DMS-80 da Intralab, e Mo foi determinado pela complexação com tiocianato.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Preparo do Gel de MoZr – Nível de Laboratório.** Foi conseguida uma formulação otimizada que possibilitou preparar o gel de MoZr com características adequadas para uso em geradores de  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  [4]. Valores superiores a 30% de Mo no gel foram obtidos, com distribuição granulométrica adequada.

**Planta Piloto.** A planta piloto foi projetada e construída em parceria com uma indústria nacional, a Filtros Barra Ltda. Todos os equipamentos foram confeccionados em aço inoxidável, passando posteriormente por um polimento sanitário. Todos os periféricos, como bombas, válvulas, pHmetro, termopares foram adquiridos da indústria nacional. A figura 1 mostra um esquema da planta piloto de preparo do gel de MoZr.

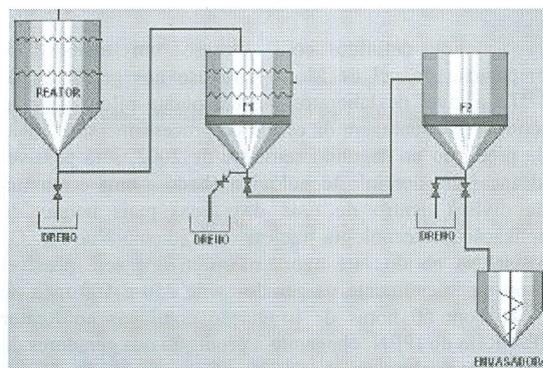


Figura 1. Planta piloto de preparo do gel de MoZr.

O trabalho com a planta piloto encerrou-se quando se conseguiu um gel de qualidade similar ou superior ao obtido em laboratório, de forma repetitiva.

**Célula de Processamento.** A célula de processamento está em fase final de montagem, e vários experimentos foram feitos e a qualidade do gel obtido é similar aquela conseguida em laboratório e na planta piloto, como pode ser visto na figura 2 e tabela 1. O processo de automação está sendo depurado e permitirá um controle de processo com mínima exposição à radiação pelo operador, além da confiabilidade e reprodutibilidade.

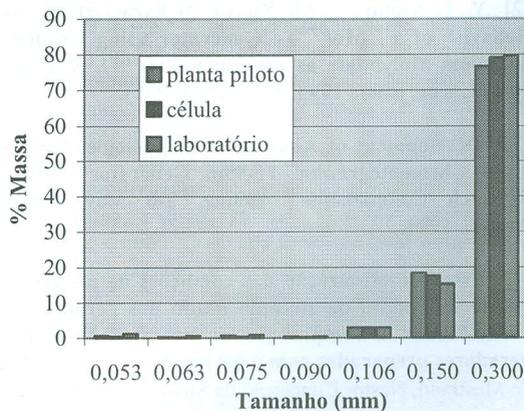


Figura 2. Distribuição do tamanho de partículas do gel de MoZr.

TABELA 1. Quantidade de Mo presente no gel de MoZr

Experimento	Mo (%)
laboratório	37,44
planta piloto	34,66
célula de processamento	> 35,00

#### IV. CONCLUSÕES

Foi definido com sucesso um método de preparação do gel de MoZr para uso nos geradores de  $^{99m}\text{Tc}$  a nível de laboratório e em planta piloto. Com o término da montagem da célula de processamento e início da produção no segundo semestre de 2002, será possível alcançar um domínio tecnológico aliado a uma economia de divisas dentro de uma das áreas mais nobres de aplicação da tecnologia nuclear, a Medicina Nuclear. Os resultados obtidos até agora mostram que será possível produzir inicialmente os geradores de 250 e 500 mCi de  $^{99m}\text{Tc}$  com 60 horas de irradiação contínuas no Reator IEA-R1m do IPEN, chegando à produção dos geradores de 750 e possivelmente os de 1000 mCi com a irradiação por 120 horas contínuas. Isto reduzirá significativamente as importações de  $^{99}\text{Mo}$  pelo Brasil.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho está sendo financiado pela FINEP e CNPq, através do programa PRONEX. Agradecemos também à FAPESP, pela concessão de uma bolsa de iniciação científica e uma bolsa de doutorado.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Boyd R. E (1986), IAEA - SR - 131/11.
- [2] .Y. F. Shafiq, Z. M. Yousif, "**Characteristics and Behavior of a  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  Generator using irradiated Titanium Molybdate as column matrix**"; J. Radioanal. Nucl. Chem., letters 199 (3) 173-181 (1995).
- [3] "**Development of Alternative technologies for Gel-Type Chromatographic Tc-99m Generator**"; IAEA's Research Co-ordination Meeting, 3-6 May, Vienna, Austria, 1994.
- [4] "**Estudo e otimização das condições de preparo do gel de molibdato de zircônio usado nos geradores de  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  e comparação de desempenho com os geradores preparados com o gel irradiado**". Dissertação de Mestrado, Nestor Conceição da Silva, IPEN (2001).

#### ABSTRACT

The project for the preparation of a gel of zirconium molybdate for use in the generators of  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  is part of the program of radioisotope production nationalization carried out at IPEN. Nowadays  $^{99}\text{Mo}$  used in the generators distributed by the Instituted is imported and produced by  $^{235}\text{U}$  fission. This work describes the actual situation of the project, in which  $^{99}\text{Mo}$  is produced by the  $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$  using IPEN's IEA-R1m reactor and further submitted to a chemical reaction with Zr under

adequate conditions to produce the gel of zirconium molybdate. The results of the tests with the pilot plant will also be presented, and the results compared with those obtained at laboratory level, were some variables have been studied, such as: pH of the solution containing the gel, initial concentration of Mo and Zr, reaction temperature and addition order of the reagents. An estimative of the routine production of  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  gel type generators will also be given.