

# SEPARAÇÃO QUÍMICA DO CÁDMIO-109 DA PRATA IRRADIADA COM PRÓTONS EM CICLOTRON

Jair Mengatti, Élide Mazzarzo Sganbatti, Judith Barbieri Sumiya, Valdir Sciani, João Alberto Osso Junior

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES-CNEN/SP

## RESUMO

O Radioisótopo  $^{109}\text{Cd}$  é largamente utilizado como fonte de radiação para análises de fluorescência de raios-x e espectrometria gama. Neste trabalho, folhas de prata natural foram irradiadas com prótons no ciclotron CV-28 do IPEN-CNEN/SP, sendo posteriormente analisado o rendimento da reação  $\text{Ag}(p,n)^{109}\text{Cd}$  em função da energia do próton incidente. O método de separação química do  $^{109}\text{Cd}$  da prata irradiada baseia-se na remoção da prata pela precipitação com cobre metálico e separação de  $^{109}\text{Cd}$  de outros elementos por cromatografia de troca aniônica.

## INTRODUÇÃO

Com a crescente utilização de análises por fluorescência de raios-x e espectrometria gama, torna-se necessário a produção de fontes de radiação para tal, como, por exemplo, o radioisótopo cádmio-109. O radioisótopo cádmio-109, com meia vida de 453 dias, decai por captura eletrônica em  $^{109m}\text{Ag}$  com a emissão de um raio-x de 22 KeV e um raio- $\gamma$  de 88 KeV. A irradiação de alvos em aceleradores, como ciclotrons, formam radioisótopos livres de carregadores, que nem sempre podem ser produzidos em reatores nucleares ou são produzidos com algum tipo de carregador, o que muitas vezes é indesejável.

As principais reações nucleares induzidas por prótons em prata natural podem ser vistas na ref. (1).

A crescente utilização do radioisótopo cádmio-109 pode ser vista na tabela 1, compilada por Clayton (2):

Tabela 1.

Variação no fornecimento de fontes de  $^{109}\text{Cd}$  normalizado para 1975, compilado por C.G. Clayton (2).

ANO	FORNECIMENTO RELATIVOS DE Cd
1975	100
1976	98
1977	92
1978	144
1979	254
1980	595
1981	748
1982	1101
1983	757
1984	802
1985	838
1986	872
1987	923

No presente trabalho, folhas de prata foram irradiadas com prótons no ciclotron CV-28 do IPEN-CNEN/SP, sendo posteriormente analisado o rendimento da reação  $\text{Ag}(p,n)^{109}\text{Cd}$  em função da energia do próton incidente. Também, alvos de prata foram irradiados com prótons, com o intuito de se estudar a separação química do cádmio da prata.

## PARTE EXPERIMENTAL

Para a análise do rendimento da reação  $\text{Ag}(p,n)^{109}\text{Cd}$  foram irradiadas simultaneamente diversas folhas de prata natural com espessuras entre 40 e 75  $\mu\text{m}$  com prótons de 24 MeV de energia no ciclotron CV-28 do IPEN-CNEN/SP. A corrente do feixe de prótons foi de 1  $\mu\text{A}$ , sendo a duração da irradiação de 15 minutos. A obtenção de um feixe homogêneo foi atingido com a utilização de um sistema de varredura, constituído de um par de bobinas, uma horizontal e outra vertical.

Após a irradiação, esperou-se um período de decaimento de 10 dias, a fim de não se ter a influência do radioisótopo  $^{107}\text{Cd}$ , de meia vida 6,5h. A partir de então, a atividade das folhas foi acompanhada, por espectrometria gama, em um analisador multicanal de 4096 canais acoplado a um detector Ge-Li. Para a detecção do  $^{109}\text{Cd}$  utilizou-se o fotopico 88,3 KeV e para a  $^{106m}\text{Ag}$  o de 450,6 KeV.

Para o estudo da separação química do cádmio de prata, folhas de prata natural, com 600  $\mu\text{m}$  de espessura e massa de 1,1g foram irradiadas com prótons de energia incidente de 17 MeV.

A degradação de energia de 24 para 17 MeV foi obtida com uma janela de 800  $\mu\text{m}$  de alumínio e uma lâmina de água de 500  $\mu\text{m}$  de espessura. A água servia como refrigeração do alvo, que foi irradiado com uma corrente de 10  $\mu\text{A}$  por um intervalo de uma hora. Também neste caso, utilizou-se um sistema de varredura, o que garantiu a homogeneidade do feixe de prótons. Após a irradiação, o alvo de prata foi dissolvido em 10 ml de ácido nítrico concentrado, evaporado à secura, e retomado em 20ml de água. A solução então obtida, foi ajustada para um pH entre 2 e 7. A prata foi precipitada adicionando-se 3g de cobre metálico eletrolítico, agitando-se a solução por 15 minutos sendo posteriormente filtrada.

A solução filtrada foi evaporada à secura e o resíduo retomado em 20ml de uma solução 0,5M de ácido nítrico contendo 0,1M de ácido bromídrico. A separação de cádmio do cobre foi obtida por uma percolação em uma coluna contendo 4ml de resina aniônica AG1x8 (100-200 mesh) previamente tratada com 100ml de uma solução de 0,5M  $\text{HNO}_3/0,1\text{M HBr}$ .

A coluna possuía um diâmetro de 9,5mm e uma altura de 60mm. O cobre foi eluído da coluna com 250 ml da solução acima, e o  $^{109}\text{Cd}$  foi coletado através de uma eluição com 35ml de ácido nítrico 0,3M e evaporado à secura. A presença de prata e cobre no  $^{109}\text{Cd}$  foi verificada pela formação de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  e pela velocidade da perda de cor da solução de tiosulfato férrico. O método de separação química pode ser visto nas ref. (3,4).

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra o rendimento obtido experimentalmente através

da medida da atividade das folhas de prata natural, com espessuras entre 40 e 75  $\mu\text{m}$ , irradiadas simultaneamente com prótons de 24 MeV. A de gradação de energia nas folhas foi calculada pelas tabelas de alcance em função da energia, obtidas por Williamson (5). Nota-se, pela figura, um pico em 10,4 MeV, valor que concorda razoavelmente com o obtido anteriormente por Goetz (1). Também pode ser observado na figura 1, que além do  $^{109}\text{Cd}$  ocorre a formação de  $^{106}\text{mAg}$  pela reação  $^{107}\text{Ag}(p,n)^{106}\text{mAg}$ , com meia vida de 8,3 dias. Uma das maneiras de se eliminar este radioisótopo, que no caso é indesejável, é ou esperar seu decaimento, no mínimo por 80 dias aproximadamente, ou irradiar com energia de próton incidente de cerca de 16 MeV. Embora não conste na figura 1, para energias no intervalo estudado, há a formação de  $^{107}\text{Cd}$  através da reação  $^{107}\text{Ag}(p,n)^{107}\text{Cd}$ , com meia vida de 6,5h. Este radioisótopo pode facilmente ser eliminado com um período de espera de menos que 7 dias, não significativo para o radioisótopo de interesse, o  $^{109}\text{Cd}$ , de meia vida de 453 dias.

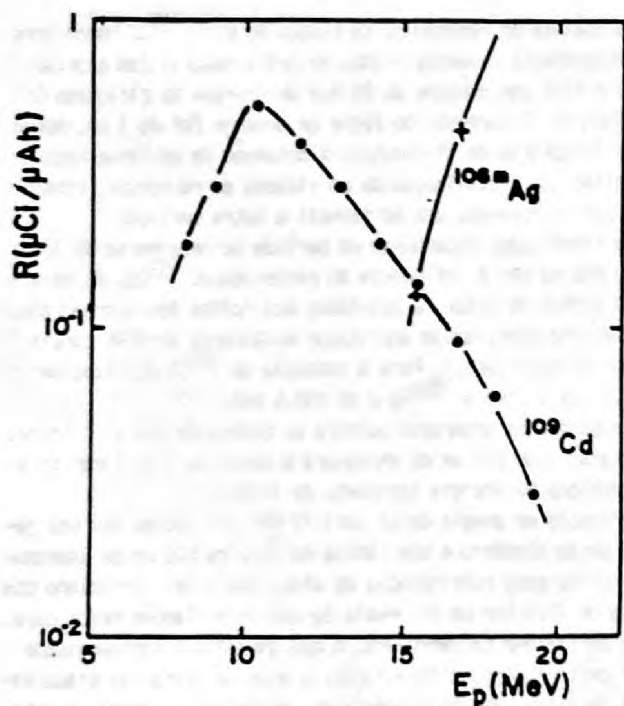


Fig. 1 Rendimento de  $^{109}\text{Cd}$  e  $^{106}\text{mAg}$  em função da energia do próton incidente.

A figura 2 mostra o rendimento acumulativo nas mesmas folhas de prata, mostradas na figura anterior, em função da energia do próton incidente. O rendimento total nas folhas foi de 2,2  $\mu\text{Ci}/\mu\text{Ah}$ . Conforme pode ser visto na figura, o rendimento acumulado de  $^{109}\text{Cd}$  acima de 15 MeV não é significativo, o que reforça o argumento usado anteriormente: a irradiação abaixo de 16 MeV elimina significativamente a produção de  $^{106}\text{mAg}$  sem prejudicar sobremaneira a produção de  $^{109}\text{Cd}$ .

As irradiações com folhas de prata natural de 600  $\mu\text{m}$  de espessura e irradiadas com energia de próton incidente de 17 MeV, mostraram um rendimento de 2,12  $\mu\text{Ci}/\mu\text{Ah}$ , indicando que a região de produção efetiva de  $^{109}\text{Cd}$  se situa entre 5 e 17 MeV, concordando com o resultado obtido na figura 1.

O método de separação química se mostrou confiável, necessitando somente de filtração, evaporação à secura, re-dissolução e eluição em volumes convenientes.

A separação química teve uma eficiência superior a 90%, não se observando a presença de Ag e Cu no produto final, isto é, o  $^{109}\text{Cd}$ .

O  $^{109}\text{Cd}$  formado, foi analisado por espectrometria gama, não se encontrando nenhum outro radionuclídeo presente.

Portanto, a produção de  $^{109}\text{Cd}$ , através da reação  $\text{Ag}(p,n)^{109}\text{Cd}$  é apropriada no intervalo de energia entre 5 e 15 MeV, com um único contaminante, que é o  $^{107}\text{Cd}$ , que é facilmente eliminado com um período de espera de 7 dias

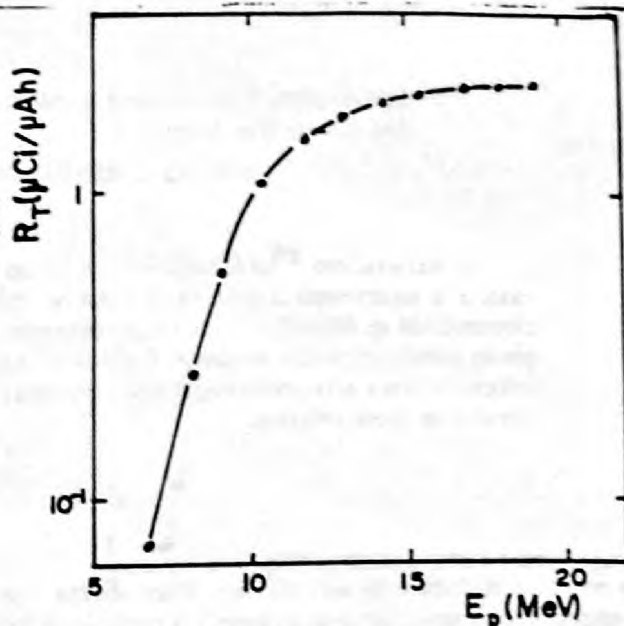


Fig. 2 Rendimento acumulativo da formação de  $^{109}\text{Cd}$  em função da energia do próton incidente.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Goetz, L., Sabbioni, E., Marafanti, E., Birattari, C., Bonardi, M., "Cyclotron Production of  $^{107}$ ,  $^{109}\text{Cd}$  for use in Metallobiochemistry of Heavy Metal Production". *Radiochem. Radioanal. Letters*, vol. 45(1), pp. 51-60, 1980
- [2] Clayton, C. G., "Some Comments on the Development of Radiation and Radioisotope Measurement Applications in Industry", *Appl. Radiat. Isot.* vol. 41, pp. 917-934, 1990.
- [3] Neirindex, R. D., "Separation of cyclotron-produced Cadmium-109 from Silver Matrix, Copper and Zinc", *Anal. Chim. Acta*, vol 58, pp. 237-239, 1972.
- [4] Strelow, F. W. E., "Improved Separation of Cadmium-109 from Silver Cyclotron Targets by Anion-Exchange Chromatography in Nitric Acid-Hydrobromic Acid Mixtures", *Anal. Chim. Acta*, vol. 97, pp. 87-91, 1978.
- [5] Williamson, C. F., Boujot, J., Picard, J., "Tables of Range and Stopping Power of Chemical Elements for charged Particles of Energy 0,5 to 500 MeV", Report CEA-R 3042, 1966.

#### SUMMARY

Radioisotope  $^{109}\text{Cd}$  is widely used as radiation source x-fluorescent and gama spectrometry analysis. In this work natural silver foils were proton irradiated in the CV-28 cyclotron at IPEN-CNEN/SP. After irradiation it was analysed the yield of the  $\text{Ag}(p,n)^{109}\text{Cd}$  reaction in function of incident proton energy. The method used for the chemical separation of  $^{109}\text{Cd}$  from silver targets is based in the removal of silver by precipitation with copper metal and the cadmium is separated from other elements by anion exchange chromatography.