

# METODOLOGIA PARA A EXTRAÇÃO DE Po-210 EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

**Fabiano Tomazini da Conceição<sup>1</sup> e Daniel Marcos Bonotto<sup>2</sup>**

**Resumo** - O presente trabalho descreve os primeiros resultados obtidos na implementação de metodologia para a extração de Po-210 em águas subterrâneas, a qual foi testada inicialmente na análise de uma amostra de uraninita oriunda do Planalto de Poços de Caldas (MG), matriz que constitui uma importante fonte natural de Po-210. Para a amostra de uraninita obteve-se uma taxa de contagem de Po-210 correspondente a 1,67 cpm, enquanto que para a amostra de água subterrânea o valor obtido foi de 0,3 cpm, demonstrando que a metodologia utilizada é eficaz para a análise águas.

**Palavras-chave** - Radioatividade; águas; polônio.

## INTRODUÇÃO

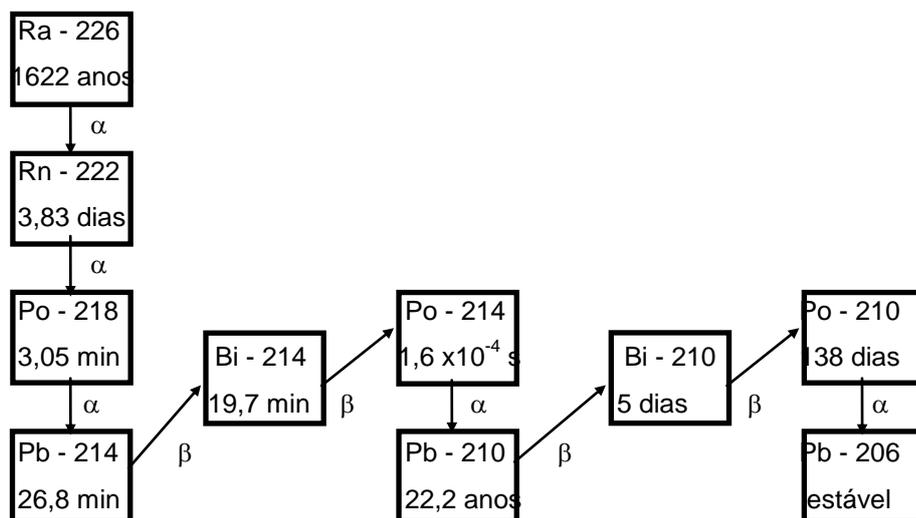
O Po-210 é um radionuclídeo com meia-vida de 22,2 anos pertencente à série natural do urânio ( $4n + 2$ ), cuja caracterização tem sido efetuada principalmente nas precipitações, águas e sedimentos continentais e oceânicos, visando subsidiar estudos com implicações cronológicas nos últimos 130 anos (Ivanovich e Harmon, 1982). Na Fig.1 esta ilustrada a sua presença na série  $4n + 2$ , representada desde o membro intermediário Ra-226 até o produto final estável Pb-206. Segundo se observa o Ra-226 decai para o gás nobre Rn-222, que se difunde para a atmosfera (meia-vida de 3,83 dias) e decai para o Pb-210 depois de passar por alguns nuclídeos intermediários de curta meia-vida. Dentre as metodologias utilizadas para a caracterização de Pb-210 cita-se a

<sup>1</sup> Departamento de Petrologia e Metalogenia - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP - Av. 24-A, nº 1515 CEP 13506-900, Rio Claro SP. Tel: (019) 526-2825.

<sup>2</sup> Departamento de Petrologia e Metalogenia - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP - Av. 24-A, nº 1515 CEP 13506-900, Rio Claro SP. Tel: (019) 526-2825. email: dbonotto@dpm.igce.unesp.org.br

que emprega a determinação do Po-210 por espectrometria alfa e o princípio do estabelecimento de equilíbrio radioativo entre o Pb-210 e o Po-210 (Ivanovich e Harmon, 1982), uma vez que o Pb-210 decai por emissão beta para o Bi-210 (meia-vida de 5 dias) e este para o Po-210, que é instável e possui meia-vida de 138 dias.

O presente trabalho descreve os primeiros resultados obtidos na implementação da metodologia para a extração do Po-210 em águas subterrâneas, a qual foi testada inicialmente na análise de uma amostra de uraninita oriunda de Poços de Caldas (MG), matriz que constitui uma importante fonte natural de Po-210. A técnica foi implantada no LABIDRO - Laboratório de Isótopos e Hidroquímica - do Departamento de Petrologia e Metalogenia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Câmpus de Rio Claro.



**Fig. 1** - Esquema simplificado de decaimento do Ra-226.

## METODOLOGIA

A técnica utilizada consistiu na extração do Po-210 a partir do uso de várias etapas químicas e emprego de espectrometria alfa para a sua detecção, tendo se baseado principalmente em procedimentos descritos por Bonotto (1982, 1986, 1996) para a extração de urânio.

A amostra de uraninita para testes iniciais foi coletada na mina Osamu Utsumi de urânio, pertencente ao INB - Indústrias Nucleares do Brasil (antiga NUCLEBRÁS e Urânio do Brasil), localizada na cidade de Andradadas (MG). O urânio está sob forma de óxido (uraninita e pechblenda), ocorrendo nas fraturas e em nódulos. Na área, o depósito é

formado por três corpos distintos: corpo A (mineralização primária ligada a brechas vulcânicas), corpo B (mineralização primária ligada a fenômenos hidrotermais) e corpo C (mineralização secundária relacionada a processos de oxirredução) (Urânio do Brasil, 1993).

A amostra de água subterrânea utilizada para a aplicação da técnica foi coletada em poço tubular profundo (198,5 m) perfurado no Clube de Campo da cidade de Rio Claro, a qual interceptou a Formação Tatuí e as camadas do topo do Subgrupo Itararé que servem de aquífero para a região. Bonotto e Mancini (1992) estudaram sistematicamente a hidroquímica destes aquíferos, classificando as águas como bicarbonatadas sódicas e “moles”, as quais também apresentam um elevado índice de trocas de bases e enriquecimento em U-234.

Uma quantidade de um grama de uraninita foi pesada e submetida ao processo de dissolução com HF-HCl-HNO<sub>3</sub> em sistema de digestão tipo Parr, de acordo com o descrito por Bonotto (1986). O ataque químico foi encerrado com a dissolução de resíduos seco contendo Po-210 com HCl 8M e adição de água destilada até completar um volume de 1 l, sendo que a partir desse ponto o procedimento correspondeu ao mesmo utilizada para a amostra de água subterrânea.

Para a amostra de água subterrânea, foi coletado um volume de cerca de 20 litros de água em vasilhame de polietileno, o qual foi filtrado em membrana de 0,45 µm, em sistema instalado no laboratório e acidificada até atingir  $\text{pH} \leq 2,0$ , a fim de evitar precipitação de  $\text{Fe}^{+3}$  no recipiente. Em seguida adicionou-se  $\text{FeCl}_3$  à amostra, procedendo-se a liberação do  $\text{CO}_2$  dissolvido, em sistema também instalado no laboratório. À amostra acidificada e livre de  $\text{CO}_2$ , adicionou-se  $\text{NH}_4\text{OH}$  para elevar o pH da solução até 7 ou 8, no qual ocorre a reação:  $\text{FeCl}_3 + 3\text{NH}_4\text{OH} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl}$

O  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  flocula rapidamente de uma solução supersaturada, “arrastando” o Po e outros elementos em sua precipitação. Após a deposição do precipitado, retirou-se o líquido sobrenadante, sendo a fase sólida recuperada por centrifugação e dissolvida em HCl 8M. O  $\text{Fe}^{3+}$  adicionado à amostra é separado através de solvente orgânico. A extração é efetuada em funil de separação através de solvente orgânico [éter (di)isopropílico], o qual entra em contato com a fase inorgânica, transferrindo o  $\text{Fe}^{3+}$  para a fase orgânica após vigorosa agitação.

Para separar o Po do U, Th e outros elementos, efetuou-se a passagem da solução ácida em resina de troca aniônica Rexyn 201 da *Fisher Scientific Company*, fortemente

básica (sob a forma iônica  $\text{OH}^-$ ), de porosidade média e capacidade total de troca de 1,4 mEq/ml. A coluna utilizada possui um diâmetro ao redor de 12 mm. Para um volume de 20 ml de resina, a velocidade de escoamento do líquido foi da ordem de 0,1 cm /minuto (20 gotas/minuto). Quando se passa essa solução através da coluna contendo resina previamente preparada com HCl 8 M, ocorreu a retenção do Po, U e Fe residual, sendo o Po e o Fe eluídos com  $\text{HNO}_3$  7M, enquanto os íons de cloreto de urânio por não serem estáveis em soluções muito diluídas de HCl, foram eluídos da coluna com HCl 0,1M.

Para a preparação de apropriadas fontes radioativas contendo Po, utilizou-se o sistema de eletrodeposição que emprega célula consistindo de um cilindro de teflon, com uma flange, o qual é mantido fixo a um disco de aço inoxidável (cátodo = 22,6 mm de diâmetro e 0,27 mm de espessura), por três parafusos e um anel de latão. Quando os parafusos são apertados, não há saída de líquido entre o cilindro de teflon e o disco. O ânodo consiste de um fio de platina de 1 mm de diâmetro. Ele consiste de um núcleo quase helicoidal com um diâmetro de 15 mm (área superficial de 565  $\text{mm}^2$ ). Para a deposição de urânio, utiliza-se uma distância de 1 cm entre o ânodo e o cátodo. A eletrólise é conduzida durante 3 horas numa corrente constante de 300 mA, aplicada por uma fonte de corrente DC (tensão de cerca de 5V), onde o eletrólito empregado foi  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  2M num pH de 2. As fontes radioativas obtidas apresentaram cores variadas, possivelmente associadas à formação de diferentes óxidos.

Cada disco de aço inoxidável contendo Po foi submetido a espectrometria alfa em um sistema contendo um detector semiconductor de Si(Au), inserido em uma câmara de formato cilíndrico com duas saídas distanciadas de  $90^\circ$ , conectadas a um vacuômetro e a uma bomba de vácuo. A tampa dessa câmara possui abertura com rosca onde se encontra instalado um conector BNC-Microdot e ainda um porta amostra destinado aos discos com o material radioativo. A saída BNC do detector é ligada diretamente a um pré-amplificador, para a detecção dos pulsos negativos provenientes dos pares elétrons-lacunas criados pelas partículas  $\alpha$  que atingem a junção PN do diodo. O detector é polarizado por uma fonte de corrente contínua com controle de tensão ajustável continuamente desde 0 até 100 V. Os pulsos provenientes do pré-amplificador já no formato apropriado são conduzidos até o amplificador, onde estes são amplificados até um nível requerido pelo próximo estágio, no caso uma interface, necessária ao acoplamento de um microcomputador DX-486, o qual emprega um software que simula um analisador multicanal.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicaram a presença de Po-210 nos espectros, tanto para a amostra de uraninita quanto para a amostra de água subterrânea. A amostra de uraninita submetida inicialmente a técnica para a confirmação ou não de sua eficácia, forneceu um espectro muito bom, indicativo da presença de Po-210 (Fig. 2), onde a taxa de contagem do Po-210 correspondeu a 1,67 cpm. Para a amostra de água subterrânea, também foi possível caracterizar a presença de Po-210 no espectro (Fig. 3), onde a taxa de contagem correspondeu a 0,3 cpm.

Dessa forma, o desenvolvimento deste trabalho possibilitou demonstrar que a metodologia utilizada é eficaz para a extração de Po-210 em amostras de águas subterrâneas, permitindo que possa vir a ser utilizada para a obtenção de dados de interesse em pesquisas que utilizam o Pb-210 como traçador ambiental.

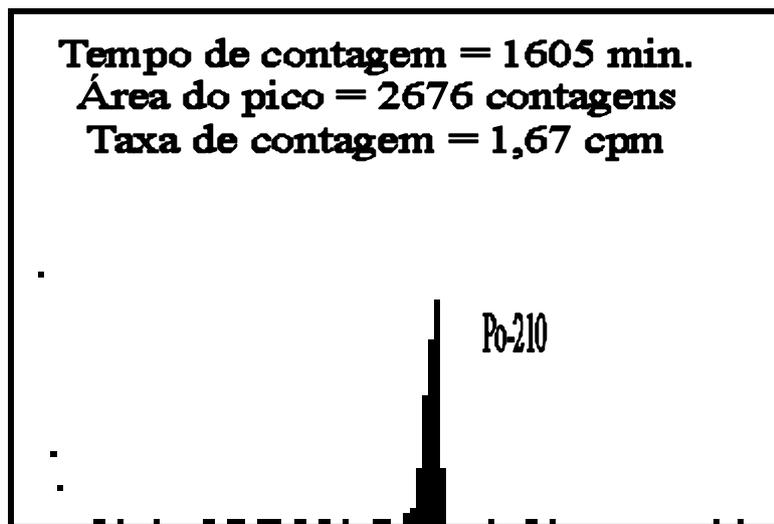


Fig. 3 - Espectro da amostra de uraninita.

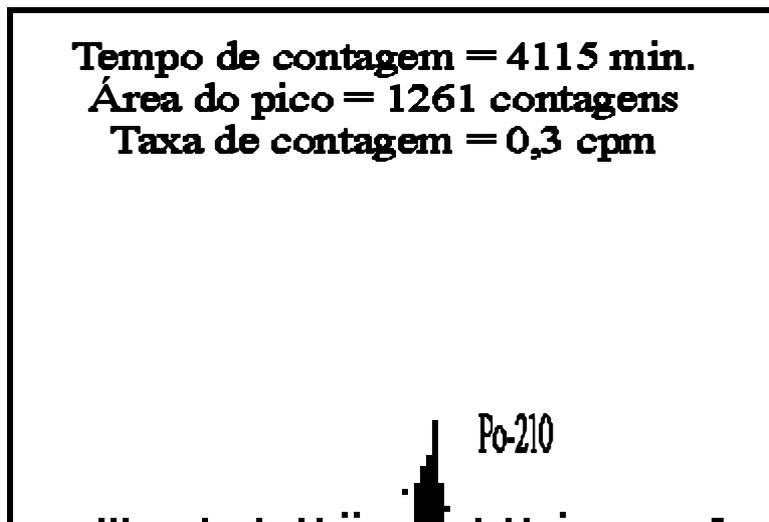


Fig. 4 - Espectro da amostra de água subterrânea.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONOTTO, D.M.** – 1982 – Aplicações dos dados do fracionamento isotópico  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  nos problemas geoquímicos dos aquíferos de Águas da Prata (SP). São Paulo. 161 p. (Dissertação de mestrado, IAG – USP).
- BONOTTO, D.M.** - 1986 - Aplicações hidrogeoquímicas dos isótopos naturais das séries do U ( $4n+2$ ) e Th ( $4n$ ) no Morro do Ferro, Poços de Caldas (MG). Tese de doutorado, IAG, USP.
- BONOTTO, D.M. & MANCINI, L.H.** - 1992 - Estudo hidroquímico e isotópico dos aquíferos de Rio Claro (SP). Geochim. Brasil., 6 (2): 153-167.
- BONOTTO, D.M.** – 1996 – Comportamento hidrogeoquímico do  $^{222}\text{Rn}$  e isótopos de urânio  $^{238}\text{U}$  e  $^{234}\text{U}$  sob condições controladas de laboratório e em sistemas naturais. 223p. (Tese de Livre Docência, IGCE – UNESP).
- IVANOVICH, M. e HARMON, R.S.** – 1982 – Uranium series disequilibrium – Applications to environmental problems. Oxford, Clarendon Press.
- URÂNIO DO BRASIL S.A.** – 1993 – Relatório interno.