



Determinação de ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th e ^{210}Pb em Águas Minerais

N. S. de Oliveira¹ e P.S.C Silva¹

nicollysantana255@gmail.com

¹*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP*

1. Introdução

O ^{238}U representa 99,27% do urânio natural que é encontrado em toda a crosta terrestre na forma de minérios de urânio e em quantidades traço em todos os tipos de rochas e minerais. Já o tório natural é composto por 100% de ^{232}Th . Os radionuclídeos das séries naturais do ^{238}U e do ^{232}Th estão presentes nos solos, rochas e sedimentos e conseqüentemente, dissolvem-se nas águas subterrâneas. Desta forma, a disponibilidade dos recursos hídricos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente de sua qualidade físico-química, biológica e radiológica [1].

Vários estudos sobre os níveis de radionuclídeos naturais em água têm mostrado valores elevados da concentração desses elementos [2] dependendo da fonte. Recentemente, a Diretiva Europeia 51/2013 [3] introduziu para os estados membros a obrigação de controlar a radioatividade da água potável. O Brasil segue a determinação da Organização Mundial de Saúde [4] que estabelece um valor máximo de 0,5 Bq L⁻¹ e de 1 Bq L⁻¹ para atividade alfa e atividade beta totais, respectivamente.

As atividades alfa e beta totais são geralmente determinadas por contagem em detectores proporcionais de fluxo gasoso ou em cintiladores em meio líquido por sua rapidez e simplicidade. Esses métodos, no entanto, não discriminam os radionuclídeos emissores que podem estar presentes. Este trabalho propõe um método rápido para determinação de ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th e ^{210}Pb em amostras de água por espectrometria gama.

2. Metodologia

A técnica consistiu em adicionar 100 µL de solução padrão de ^{226}Ra e 500 µL de solução padrão de ^{228}Ra a 1 L de água ultra pura, em seguida, adicionou-se 1 mL de carregador de Pb^{2+} e 1 mL de carregador de Ba^{2+} estáveis, ambos com concentração de 20 mg/mL e por fim, 10 mL de ácido cítrico com concentração 1 mol L⁻¹. Essa solução foi levada à chapa aquecedora com um agitador magnético para homogeneizar a amostra e manter a temperatura constante. Posteriormente adicionou-se sete gotas de vermelho de metila que em meio ácido apresenta uma coloração rosa. Na seqüência adicionou-se

hidróxido de amônio concentrado (NH_4OH) até o meio ficar neutro, indicado pelo surgimento de uma coloração amarela. Ainda em aquecimento, adicionou-se 50 mL de ácido sulfúrico 3 mol L^{-1} (H_2SO_4). Para finalizar a primeira parte desse processo a solução foi deixada em repouso por 24 horas para formação dos precipitados de sulfato de bário e chumbo. O precipitado foi posteriormente filtrado a vácuo utilizando filtros de celulose com dimensão de 47 mm X 0,45 um e deixados para secar em estufa com temperatura entre 50°C e 60°C durante cinco minutos. Deixou-se o papel de filtro esfriar em um dessecador por cinco minutos, e a massa foi anotada. Esse processo foi repetido até obtenção de massa constante e o filtro foi então envolto em um filme plástico para realizar a espectrofotometria gama. A atividade em contagens por segundo foi determinada utilizando-se as seguintes energias: para o ^{226}Ra determinou-se o fotopico de 186 keV, para o ^{210}Pb , o fotopico de 46 keV, para o ^{228}Ra foram utilizados os fotopicos em 338 keV, 911keV e 968keV do ^{228}Ac e para determinação do ^{228}Th , foi utilizado o fotopico do ^{212}Pb em 238 keV. Para o cálculo da concentração de atividade utilizou-se um calibração pontual, na qual, o número de contagens de uma quantidade conhecida das soluções padrão de $^{226}\text{Ra} + ^{210}\text{Pb}$ e de $^{228}\text{Ra} + ^{228}\text{Th}$, foram pipetadas diretamente em papel de filtro, que depois de secos, foram medidos por espectrometria gama, na mesma geometria das amostras.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos dos testes realizados com padrões de ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th e ^{210}Pb são apresentados na Tabela I em Bq mL^{-1} , na qual “padrão” representa a concentração de atividade, medida diretamente, sem separação radioquímica, da solução padrão contendo ^{226}Ra e ^{210}Pb e da solução padrão de ^{228}Ra e ^{228}Th medidas num detector de germânio hiper puro com eficiência determinada por Monte Carlo utilizando o software ISOCS da Mirion Thecnologies [5]. As amostras, correspondem às determinações nas soluções preparadas pipetando-se 0,1 mL e 0,5 mL das respectivas soluções padrão em 1 L de água, a qual foi submetida ao processo de separação radioquímica medidas em detector de germânio hiper puro da Mirion Thecnologies utilizando uma calibração pontual (Tabela I).

Tabela I: Atividade dos radionuclídeos naturais encontrados em cada uma das amostras analisadas

	²²⁶ Ra (Bq mL ⁻¹)	²¹⁰ Pb (Bq mL ⁻¹)	²²⁸ Ra (Bq mL ⁻¹)	²²⁸ Th (Bq mL ⁻¹)
Padrão	45,8 ± 0,20	39,5 ± 0,20	2,9 ± 0,70	5,4 ± 0,10
Amostra 1	48,20 ± 2,60	53,30 ± 2,80	--	--
Amostra 2	46,70 ± 2,70	49,90 ± 2,80	--	--
Amostra 3	49,60 ± 2,80	54,40 ± 2,60	--	--
Amostra 4	--	--	2,46 ± 0,60	4,40 ± 0,10
Amostra 5	--	--	3,73 ± 0,90	7,50 ± 0,10
Amostra 6	--	--	2,56 ± 0,60	4,50 ± 0,10

--: não detectado

Com base nos valores obtidos verifica-se que os resultados encontrados para o ²²⁶Ra, ²²⁸Ra e ²³⁸Th estão em concordância com o valor esperado. O ²¹⁰Pb, no entanto, apresentou valores superiores ao esperado em relação à atividade do padrão. Esses valores podem estar relacionados à incerteza na determinação da atividade no padrão ou à incerteza na determinação das atividades das amostras e esse fato deve ser melhor estudado.

Pelos resultados obtidos verifica-se que metodologia empregada pode ter implicações significativas na gestão ambiental e na saúde pública, permitindo uma melhor compreensão dos níveis de radioatividade presentes na água potável e facilitando a implementação de medidas corretivas, se necessário, para garantir o controle de qualidade com os padrões de segurança estabelecidos por lei.

4. Conclusão

Em virtude da importância de monitorar a concentração de atividade em amostras de água de acordo com diretrizes internacionais, um método rápido para determinação de ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, ²²⁸Th e ²¹⁰Pb foi proposto utilizando-se espectrometria gama capaz de distinguir os radioisótopos presentes. Pode-se concluir que o procedimento foi eficiente e prático para identificar e quantificar os radionuclídeos de interesse com precisão e confiabilidade dos resultados obtidos, embora um ajuste ainda deve ser feito para melhorar a precisão da determinação das atividades do ²¹⁰Pb.

Agradecimentos

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) e especificamente ao Centro do Reator de Pesquisas (CERPq).

Referências

- [1] C. Cantaluppi, D. Zannoni, A. Cianchi, W. Giacetti, B. Lovisetto, E. Pagnin, T. Favero, "Methods for radioactivity measurements in drinking water using gamma spectrometry", *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 232, (2021).
- [2] L. B. An, V. T. Nguyen, N. P. T Huynh et al. "Activity Concentrations of Natural Radionuclides in Soil and Water Around Some Quarries and Potential Human Health Effects". *Water Air Soil Pollut*, vol. 234 (2023).
- [3] "EUR – Lex", <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/51/oj> (2013).
- [4] World Health Organization, *Guidelines for Drinking Water Quality*, Geneva (2009).
- [5] "Mirion.com", https://mirionprodstorage.blob.core.windows.net/prod20220822/cms4_mirion/files/pdf/spec-sheets/c40166s573-isocs-calibration-software.pdf (2013).