



AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ^{226}Ra , ^{228}Ra E ^{210}Pb EM ÁGUAS MINERAIS DOS PARQUES DAS ÁGUAS DE LAMبارI E ÁGUAS DE CONTENDAS – MG

Denise S. M. Wakasugi¹ (M) e Sandra R. Damatto²

1 – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, São Paulo – SP, denise.sanny@usp.br

2 - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, São Paulo – SP

Resumo: A exploração de estâncias hidrominerais brasileiras que possuem fontes de água mineral radioativas, consumidas pela população que acredita nos benefícios da prática de tratamentos de saúde conduzidos por balneários, apesar da inexistência de comprovações científicas, fundamenta a relevância do estudo desenvolvido no Centro de Radiometria Ambiental com o auxílio dos responsáveis pelos balneários de Lambari e Contendas – MG. Assim, o estudo visa determinar as concentrações de atividade de ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb nas águas das fontes dos referidos parques e a influência da sazonalidade na concentração destes radionuclídeos. Para isso, foram analisadas amostras de duas estações do ano e a utilização das técnicas analíticas de alfa e beta total após separação radioquímica para a determinação desses radionuclídeos.

Palavras-chave: Água Mineral. Radionuclídeos Naturais. Lambari. Águas de Contendas.

^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb and ^{210}Po Concentration evaluation in mineral waters of the Lambari and Águas de Contendas water parks – MG.

Abstract: This work determined the ^{226}Ra , ^{228}Ra and ^{210}Po concentrations in mineral Waters from Parque das Águas de Lambari and Contendas, MG.

Keywords: Mineral Water. Natural Radionuclides. Lambari. Águas de Contendas.

Introdução

Águas minerais, segundo o decreto Lei no 7.841 de 8 de agosto de 1945, “são aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuam composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confirmam uma ação medicamentosa”. Segundo este mesmo decreto, as águas minerais podem ser classificadas quanto a sua composição química em: oligominerais, radíferas, alcalino-bicarbonatadas, alcalino-terrosas, sulfatadas, sulfurosas, nitradas, cloretadas, ferruginosas, radioativas, toriativas e carbogaseas.

A radioatividade natural das águas é proveniente dos elementos radioativos nela dissolvidos e dos gases de alguns elementos radioativos difundidos das rochas subterrâneas. Esses elementos radioativos podem ser arrastados pelas correntes subterrâneas, porém nem todos podem ser determinados na emergência das fontes (Mourão, 1992).

Muitos estudos são realizados em regiões de radioatividade natural elevada para se verificar os possíveis efeitos biológicos na saúde humana decorrente de exposições prolongadas a baixas doses de radiações ionizantes. Isso é devido, principalmente, a incorporação de radionuclídeos naturais das séries do ^{238}U e do ^{232}Th que possuem meias-vidas relativamente longas. Em alguns locais, os teores de ^{238}U e ^{232}Th presentes no solo e em depósitos minerais são altos e através de mecanismos físicos e químicos de dissolução e lixiviação estes radionuclídeos passam às águas subterrâneas que podem emergir com uma atividade considerável destes elementos (UNSCEAR, 2000; WHO, 2006).

Quando se considera a geoquímica dos radionuclídeos naturais no ambiente aquático, os elementos de maior interesse do ponto de vista de risco à saúde são os isótopos de rádio, do radônio e do urânio, pois estes apresentam maiores solubilidades. Os isótopos de tório e os radionuclídeos ^{210}Pb e ^{210}Po apresentam comportamento partícula-reativo e encontram-se em níveis de concentração mais baixos que os anteriores, embora, excetue-se os casos específicos onde há alta concentração de material orgânico em suspensão (WHO, 2006; Bonotto, 2009).

Uma vez que a dieta humana é a principal fonte de absorção da radioatividade natural e de exposição interna do homem, esta prática aumenta significativamente a probabilidade de ingestão de altas concentrações de radionuclídeos naturais dissolvidos nas mesmas, principalmente, de produtos de decaimento das séries radioativas do urânio e do tório (Oliveira et al., 2001).

Inexistem até hoje, trabalhos científicos que comprovam a eficácia do uso destas águas radioativas em tratamentos de saúde conduzidos em balneários, existindo apenas a prova empírica do benefício do uso destas em crenologia médica.

Em várias estâncias hidrominerais brasileiras, as fontes de água mineral radioativa são exploradas comercialmente e são consumidas pela população que acredita que esta prática seja benéfica. Em parques termais como o de Caxambu, Cambuquira, São Lourenço e Lambari (MG), por exemplo, as águas das diversas fontes são utilizadas para o consumo humano e muitas vezes associadas ao uso medicinal, como águas diuréticas, águas catárticas (com propriedades de limpeza, purificação, facilitando as funções hepato-biliares e estimulando a funcionalidade do intestino direta ou indiretamente), e águas com propriedades antiflogísticas (anti-inflamatórias).

Assim, devido à recomendação destas águas como uma forma de tratamento dispendido em balneários, o presente trabalho foi desenvolvido no Centro de Radiometria Ambiental, com o auxílio dos responsáveis pelos Balneários de Lambari e Águas de Contendas, no qual foram determinados os níveis de atividade de ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb presentes nas águas dos referidos Parques das Águas.

Experimental

Área de Estudo

As cidades de Lambari e Conceição do Rio Verde fazem parte do Circuito das Águas de Minas Gerais, que é formado pelas cidades de Baependi, Cambuquira, Campanha, Carmo de Minas, Caxambu, Conceição do Rio Verde, Lambari, São Lourenço, Soledade de Minas e Três Corações.

O Parque das Águas de Lambari localiza-se no centro da cidade e possui seis fontes de água mineral, cujas águas provêm da Serra da Mantiqueira e, são denominadas como: Fonte 1 - gasosa, Fonte 2 - alcalina, Fonte 3 - magnésiana, Fonte 4 - ligeiramente gasosa, Fonte 5 - ferruginosa e Fonte 6 - sulfurosa.

O Parque das Águas de Contendas está localizado a 7 km da cidade de Conceição do Rio Verde e possui três fontes de água mineral, denominadas como: Fonte 1 - gasosa, Fonte 2 - ferruginosa e Fonte 3 - magnésiana (CPRM, 1999).

As fontes de água mineral de Lambari, Cambuquira e Marimbeiro são conhecidas desde o século XVIII, quando os habitantes locais e médicos das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, comprovaram as qualidades terapêuticas das águas na cura de doenças do aparelho digestivo, vias urinárias e enfermidades hepáticas (Amprodac, 2013).

As fontes de águas subterrâneas destes parques são provenientes de um substrato rochoso composto por xistos granatíferos com intercalações de gnaisses e quartzitos muscovíticos. Nas ocorrências hidrominerais as rochas encontram-se saprolizadas e recobertas por sedimentos aluvionares sobrepostos por uma camada de argila orgânica de aproximadamente 5,0 m (CPRM, 1999; Bonotto, 2015). As captações das fontes encontram-se nos próprios fontanários, estão relativamente próximas umas das outras e possuem diferentes profundidades e vazões livres.

Coleta das Amostras

As amostras de água foram coletadas em duas estações do ano distintas: primavera de 2016 e verão de 2017 nas quatro fontes do parque das águas de Águas de Contendas e nas seis fontes do parque das águas de Lambari. Realizou-se também a coleta de amostras de água potável nos dois parques. Assim, as 9 fontes de água mineral e os dois pontos de água potável existentes dentro desses parques permitiram a coleta de 22 amostras de 10L cada para a realização dos ensaios radioquímicos necessários. A medida da temperatura foi realizada *in situ* e a do pH em laboratório. Foram medidos também a temperatura e o pH das amostras de água coletadas, a primeira *in situ* e a segunda em laboratório, respectivamente.

Método Radioquímico para Determinação de ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb

Utilizou-se um procedimento radioquímico sequencial para determinação de ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb . As análises foram realizadas em duplicata em uma amostra de água de cada fonte concentrada de 2L para 1L. Foram adicionados carregadores de Ba e Pb estáveis e H_2SO_4 3mol L⁻¹ para a precipitação de $(\text{BaRaPb})\text{SO}_4$. Adicionou-se ao precipitado ácido nitrilo tri-acético – NTA (Titriplex I), em pH básico com aquecimento, até sua solubilização. Na sequência, adicionou-se $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (25g.L⁻¹), em pH ácido, para a precipitação de Ba, ^{226}Ra e ^{228}Ra enquanto o ^{210}Pb permaneceu no sobrenadante complexado com o NTA. O sobrenadante é retirado e reservado. O precipitado é acrescido de ácido etileno di-amino-tetra-acético –EDTA (Triplex III), também em pH básico com aquecimento, até sua solubilização. Posteriormente, adicionou-se $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (25g.L⁻¹), em pH ácido, para a precipitação de $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$.

Para a precipitação do chumbo, utilizou-se o sobrenadante obtido na fase anterior que continha o chumbo complexado com o NTA. Assim, à solução adicionou-se Na_2S (1mol.L⁻¹) para a precipitação do ^{210}Pb na forma de sulfeto. Em seguida, o sobrenadante é descartado e o precipitado solubilizado com HNO_3 concentrado. Adiciona-se Na_2CrO_4 30% para a precipitação de PbCrO_4 , sob aquecimento.

A concentração do ^{226}Ra e do ^{228}Ra foi determinada pela medida alfa e beta total do precipitado de $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$ e a concentração do ^{210}Pb foi determinada pela medida beta total do precipitado de $^{210}\text{PbCrO}_4$, por meio de seu produto de decaimento, ^{210}Bi . Os três radionuclídeos foram medidos em um detector proporcional de fluxo gasoso de baixa radiação de fundo.

Resultados e Discussão

O pH medido nas fontes dos Parques das Águas variou de 5,09 a 5,97 em Águas de Contendas e, de 4,70 a 5,30 em Lambari, Tabela 1.

Tabela 1 – pH e T (°C) das fontes dos Parques das Águas de Águas de Contendas Lambari

		Primavera 2016		Verão 2017	
		pH	T(°C)	pH	T(°C)
Águas de Contendas	Amostras				
	Ferruginosa	5,37	22	5,38	21
	Magnesianas	5,97	23	*	*
	Gasosa I	5,09	24	5,33	22
	Gasosa II	5,54	22	5,45	21
Lambari	Potável	7,60	22	7,76	26,5
	Alcalina	4,79	23	4,97	21
	Magnesianas	4,78	22	5,00	23
	Gasosa	4,70	23	4,97	22
	Ligeiramente Gasosa	4,75	22	5,14	22
	Picante	5,30	23	5,19	23
	Potável	6,95	23	7,22	24

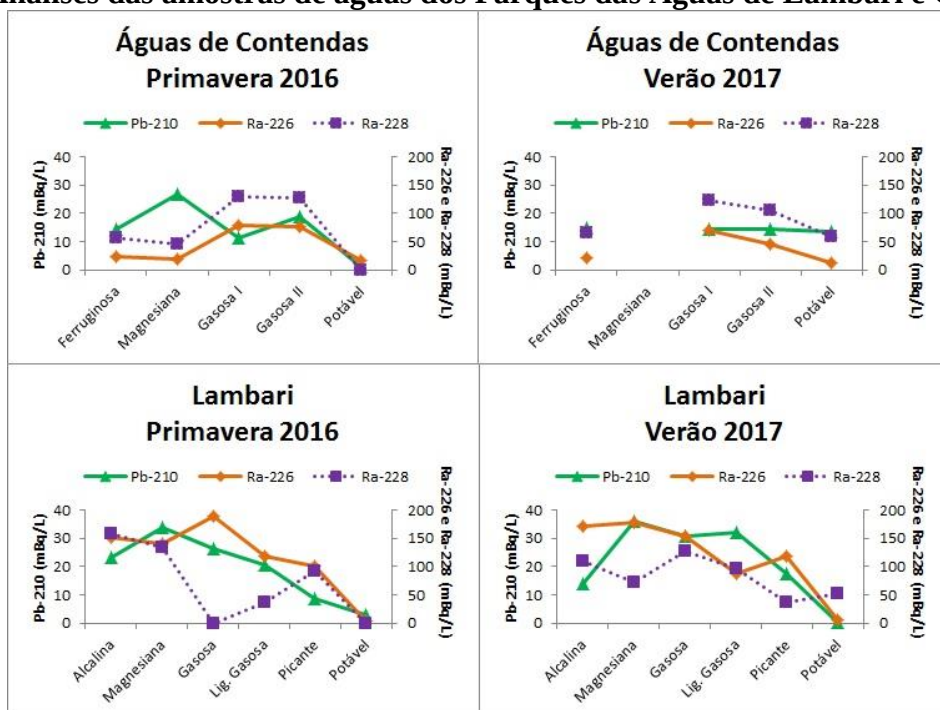
* Fonte seca

Para a temperatura a faixa obtida variou de 21°C a 24 °C em Águas de Contendas e, de 21°C a 23°C em Lambari, o que permitiu classificar essas águas como fontes de água natural fria (abaixo de 25°C) (BRASIL, 1990). Diante disso, verificou-se que Águas de Contendas apresentou sua temperatura e pH variando de 22°C a 22,5°C e 7,60 a 7,76, respectivamente e, Lambari apresentou uma variação de 23°C a 24 °C e 6,96 a 7,22, respectivamente. Assim, apesar das águas

potáveis coletadas conferirem pH e temperatura mais elevados, seus valores não foram considerados por serem de uma água tratada para a distribuição para a população.

Na Fig. 1 são apresentadas as concentrações, em mBq/L, dos radionuclídeos ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb das amostras de água mineral de Águas de Contendas e de Lambari coletadas na primavera de 2016 e no verão de 2017. Pode-se observar que em ambos os parques das águas as concentrações dos radionuclídeos naturais estudados diferiram nas duas coletas realizadas. Na maioria das amostras, os radionuclídeos com maiores concentrações foram o ^{226}Ra e o ^{228}Ra .

Figura 1 – Análises das amostras de águas dos Parques das Águas de Lambari e Contendas



No parque das águas de Águas de Contendas as concentrações de ^{226}Ra variaram de 20 ± 3 mBq/L a 79 ± 5 mBq/L, de ^{228}Ra de $< 3,7$ mBq/L (limite de detecção da metodologia) a 129 ± 7 mBq/L e para o ^{210}Pb de 11 ± 2 mBq/L a 27 ± 2 mBq/L. No parque das águas de Lambari as concentrações de ^{226}Ra variaram de 87 ± 5 mBq/L a 190 ± 5 mBq/L, de ^{228}Ra de 36 ± 4 mBq/L a 158 ± 7 mBq/L e para o ^{210}Pb de 9 ± 2 mBq/L a 36 ± 2 mBq/L.

As concentrações de ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb determinadas na água potável dos dois parques variaram de 13 ± 1 mBq/L a 16 ± 2 mBq/L, de $< 3,7$ mBq/L a 59 ± 4 mBq/L e de 1 ± 1 mBq/L a 13 ± 2 mBq/L, respectivamente, em Águas de Contendas. Já no parque das águas de Lambari as concentrações variaram de 5 ± 5 mBq/L a $5,1 \pm 0,4$ mBq/L, de $< 3,7$ mBq/L a 52 ± 6 mBq/L e de $0,33 \pm 0,02$ mBq/L a 3 ± 9 mBq/L, respectivamente. Na grande maioria das amostras de água potável os valores de concentração obtidos foram menores que os das fontes de água mineral, devido ao tratamento que a água sofre para ser distribuída para o abastecimento público.

Devido à inexistência de estudos nas águas do parque das águas de Águas de Contendas e apenas a determinação dos radionuclídeos ^{226}Ra e ^{228}Ra nas águas do parque das águas de Lambari, por Bonotto (2015) por meio da espectrometria alfa, que encontrou uma variação de $41,8 \pm 41,8$ mBq/L a $448,9 \pm 156,6$ mBq/L para o ^{226}Ra e de $106,6 \pm 4,5$ mBq/L a $237,6 \pm 5,5$ mBq/L para o ^{228}Ra , verificou-se valores muito maiores do que os determinados pelo presente trabalho no parques das águas de Águas de Contendas e Lambari.

Comparou-se também os resultados obtidos para as concentrações dos radionuclídeos ^{226}Ra e ^{228}Ra do presente trabalho com os obtidos por Negrão (2012), por meio da mesma metodologia no verão de 2011, que estudou as fontes de água mineral do parque das águas de Caxambu. Os valores de concentração obtidos pelo referido autor variaram de 83 ± 7 mBq/L a 3599 ± 147 mBq/L para o

^{226}Ra e de 60 ± 7 mBq/L a 4487 ± 129 mBq/L para o ^{228}Ra , os quais são muito maiores do que os determinados pelo presente trabalho.

Apesar dos Parques das Águas de Contendas e Lambari não serem tão próximos, de acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 1999), suas formações geológicas são as mesmas, Grupo Barbacena – Complexo Lambari. Assim, sugere-se a influência da estrutura geológica na concentração dos radionuclídeos juntamente com o nível de precipitação pluviométrica nas áreas de recarga dessas fontes. Essa consideração pode ser reforçada pela diferente localização do Parque das Águas de Caxambu, Grupo Andrelândia (CPRM, 1999), que apresenta águas minerais com concentrações mais elevadas para o ^{226}Ra e para o ^{228}Ra . Para o ^{210}Pb , não foi possível realizar uma comparação das concentrações pois, até o momento, inexistem estudos sobre esse radionuclídeo nas águas dos Parques das Águas pertencentes à região do Circuito das Águas de Minas Gerais.

Conclusões

O presente trabalho determinou as concentrações dos radionuclídeos naturais ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb nas fontes de água mineral dos parques das águas de Águas de Contendas e Lambari, do circuito das águas de Minas Gerais. Com os resultados obtidos de concentração verificou-se que o radionuclídeo que apresentou maior concentração em Águas de Contendas foi o ^{228}Ra para a maioria das fontes e em Lambari foi o ^{226}Ra , também na maioria das fontes. Os maiores valores de concentração para os três radionuclídeos estudados foram obtidos na primavera em ambos os parques. Entretanto, a comparação dos resultados obtidos no presente trabalho e os obtidos por Negrão (2012), demonstram que apesar de Lambari possuir maiores concentrações para os radionuclídeos ^{226}Ra e ^{228}Ra do que Águas de Contendas, seus valores são bem inferiores aos obtidos por Bonotto (2015) para as águas de Lambari e por Negrão (2012) que estudou as fontes do parque das águas de Caxambu.

Referências Bibliográficas

- Bonotto, Daniel Marcos. 2015. " ^{226}Ra and ^{228}Ra in mineral waters of southeast Brazil." *Environmental Earth Sciences* 74 (1):839-853.
- Bonotto, Daniel Marcos, Lourenço Caprioglio, T. O. Bueno, and J. R. Lazarindo. 2009. "Dissolved ^{210}Po and ^{210}Pb in Guarani aquifer groundwater, Brazil." *Radiation Measurements* 44 (3):311-324.
- Brasil. 1945. DECRETO-LEI Nº 7.841, DE 8 DE AGOSTO DE 1945. edited by Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos. Rio de Janeiro: Presidência da República.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1999. *Projeto Circuito das Águas do Estado de Minas Gerais. Estudos geoambientais das fontes hidrominerais de Cambuquira, Caxambu, Conceição do Rio Verde, Lambari e São Lourenço*. Belo Horizonte: CPRM Superintendência Regional de Belo Horizonte.
- Eisenbud, Merrill. 1987. *Environmental radioactivity*. Orlando: Academic Press.
- Marović, Gordana, Jasminka Senčar, Zdenko Franić, and Nevenka Lokobauer. 1996. "Radium-226 in thermal and mineral springs of Croatia and associated health risks." *Journal of Environmental Radioactivity* 33 (3):309-317.
- Moreira, Sandra Regina Damatto. 1993. "Determinação de ^{210}Pb em águas minerais da cidade de Águas da Prata." Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo.
- Mourão, Benedictus Mário. 1992. *Medicina Hidrológica: Moderna Terapêutica das águas Minerais e Estâncias de Cura*. São Paulo: Editora Prima e E. R. Ind. Gráficas.
- Negrão, Sérgio Garcia. 2012. "Determinação dos isótopos naturais de rádio de meias-vidas longas, ^{226}Ra e ^{228}Ra , em águas minerais utilizadas nos Balneários de Caxambu (MG) e águas de Lindóia (SP)." Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo.
- Oliveira, Joselene de, Barbara Paci Mazzilli, Maria Helena de Oliveira Sampa, and Edmilson Bambalas. 2001. "Natural radionuclides in drinking water supplies of São Paulo State, Brazil and consequent population doses." *Journal of Environmental Radioactivity* 53 (1):99-109.
- Quintanilha, Cristiane. 2013. "História das Águas de Contendas." Associação AMPRODAC, acesso em: 21/08/2016. <http://amprodacontendas.blogspot.com.br/2013/04/historia-de-aguas-de-contendas-aguas-de.html>.
- World Health Organization. 2006. *Guidelines for Drinking Water Quality: Recommendations*. 3ed. Vol.1. Geneva: WHO.