

Ingestão de águas de poços em áreas do fosforito uranífero na região metropolitana do recife, pernambuco, e riscos associados

Ingestion of well water in areas of the uraniferous phosphorit in the metropolitan region of recife, pernambuco, and associated risks

DOI:10.34117/bjdv7n10-430

Recebimento dos originais: 07/09/2021

Aceitação para publicação: 29/10/2021

Déric Soares do Amaral

Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco

Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN/NE
Avenida Professor Luiz Freire, 200 - Cidade Universitária, Recife – PE
E-mail: dericsoares@gmail.com

Mariana Luiza Oliveira dos Santos Ramos

Doutora em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco

Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN/NE
Avenida Professor Luiz Freire, 200 - Cidade Universitária, Recife – PE
E-mail: marianasantos_ufpe@hotmail.com

Emerson Emiliano Gualberto de Farias

Doutor em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco

Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN/NE
Avenida Professor Luiz Freire, 200 - Cidade Universitária, Recife – PE
E-mail: emersonemiliano@yahoo.com.br

Karolayne Esthefany Melo da Silva

Bacharel em Biomedicina pela Universidade Federal de Pernambuco

Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN/NE
Avenida Professor Luiz Freire, 200 - Cidade Universitária, Recife – PE
E-mail: dericsoares@gmail.com

João Adauto de Souza Neto

Doutor em Ciências Geológicas pela Université Catholique de Louvain, Bélgica
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Avenida Professor Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife – PE
E-mail: adauto@ufpe.br

Elvis Joacir De França

Doutor em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN/NE
Avenida Professor Luiz Freire, 200 - Cidade Universitária, Recife – PE
E-mail: elvis.franca@cnen.gov.br

RESUMO

Concentrações de radônio-222 – radionuclídeo natural emissor de partículas alfa que ocorre como gás à 25°C – acima do limite máximo recomendado pela EPA [1] foram encontradas em águas de poços nas áreas de ocorrência de fosforito uranífero em solos da Região Metropolitana do Recife. Quando ingerido em elevadas quantidades, o radônio pode aumentar o risco de desenvolvimento câncer em seres humanos, especialmente no estômago e na bexiga. Neste trabalho foram estimadas doses efetivas anuais associadas à ingestão de águas desses poços para avaliação de riscos à saúde da população. Foram utilizados os dados de concentração de atividade de Rn-222 publicados por Amaral et al. [2], equação encontrada na literatura que utiliza o coeficiente de dose preconizado pela ICRP 72 [3] e valores de consumo de água prescritos pelo *Institute of Medicine of the National Academies* [4]. Foram estimados valores de dose efetiva anual até 2 vezes acima do nível recomendado de dose efetiva para o ser humano a partir do consumo de água. Esses resultados demonstram que o consumo direto das águas de poços nessas áreas representam risco à saúde da população quanto à exposição à radiação ionizante.

Palavras-chave: Radônio-222, Dose efetiva, Câncer de bexiga, Câncer de estômago.

ABSTRACT

Concentrations of radon-222 – a natural alpha-emitting radionuclide that occurs as a gas at 25 °C – above the maximum limit recommended by EPA [1] were found in well waters in the areas of occurrence of uraniferous phosphorite in soils in the Metropolitan Region of Recife. When taken in large amounts, radon can increase the risk of developing cancer in humans, especially in the stomach and bladder. In this work, annual effective doses associated with the ingestion of water from these wells were estimated for the assessment of risks to the health of the population. We used the Rn-222 activity concentration data published by Amaral et al. [2], an equation that uses the dose coefficient recommended by ICRP 72 [3] and water consumption values prescribed by the Institute of Medicine of the National Academies [4]. Annual effective dose values up to 2 times above the recommended effective dose level for humans were estimated from water consumption. These results demonstrate that the direct consumption of water from wells in these areas represents a risk to the health of the population in terms of exposure to ionizing radiation.

Keywords: Radon-222, Effective dose, Bladder cancer, Stomach cancer.

1 INTRODUÇÃO

Os radionuclídeos naturais, em especial o radônio, são responsáveis por aproximadamente 70% da exposição do ser humano à radiação ionizante [5]. O Rn-222, formado por decaimento radioativo do Ra-226, ocorre no estado gasoso à temperatura ambiente de forma natural especialmente em solos uraníferos, uma vez que o Ra-226 faz parte da série de decaimento do U-238 [6]. Diferentemente dos outros radioisótopos do radônio, que possuem meia-vida de alguns segundos, o tempo de meia-vida desse nuclídeo é de 3,8 dias. Este tempo é suficiente para que o Rn-222 possa se deslocar pelo

solo e alcançar a atmosfera e águas subterrâneas e superficiais [7]. Devido ao seu elevado poder de difusão na água, geralmente não são verificados altos teores de Rn-222 em águas superficiais, sendo mais comum casos acumulação desse radionuclídeo em águas subterrâneas, nas quais é mais difícil seu deslocamento para a atmosfera [8, 9].

A ingestão de águas com altos teores de radônio, acarreta no aumento da dose recebida pela população, sendo os tecidos das paredes do estômago e da bexiga os mais atingidos pela radiação [3, 10]. Dessa forma, o consumo direto de águas de poços de regiões com ocorrências de urânio no solo pode representar risco à saúde da população.

Em áreas com ocorrência de fosforito uranífero da Região Metropolitana do Recife (RMR), altos teores de Rn-222 foram encontrados em águas de poços que são utilizadas para diversos fins pela população, inclusive para consumo direto, uma vez que o acesso a fontes de água potável não é simples para alguns moradores desses locais [2]. Concentrações de atividade acima de $11,1 \text{ Bq L}^{-1}$ (limite máximo recomendado pela EPA) foram identificadas nessas águas de poços localizadas em áreas com ocorrência de fosforito uranífero da Região Metropolitana do Recife (RMR) [1,2].

De modo a mensurar de forma mais aprofundada os riscos à população que o uso dessas águas pode representar, o presente trabalho teve como objetivo estimar doses efetivas anuais devido ao consumo de águas de poços com elevados teores de radônio localizados em áreas com ocorrência de fosforito uranífero na RMR.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de dados referentes a poços localizados no Bairro do Fosfato, município de Abreu e Lima, e no Bairro de Paratibe, município de Paulista, Região Metropolitana do Recife, Estado de Pernambuco, Brasil, cujos valores de concentração de atividade média de radônio encontravam-se acima do limite máximo recomendado pela EPA para águas utilizadas para consumo humano [1,2]. Ambos os bairros apresentam ocorrências de fosforito uranífero próximas à superfície [11]. A localização desses poços está detalhada na Tabela 1.

Tabela 1. Coordenadas geográficas das unidades amostrais. AL = Abreu e Lima. PB = Paratibe

Unidade amostral	Latitude	Longitude
AL01	7°53'46"S	34°53'33"W
AL02	7°53'45"S	34°53'33"W
AL03	7°53'39"S	34°53'34"W
AL04	7°53'42"S	34°53'34"W
AL05	7°53'39"S	34°53'34"W
PB01	7°56'25"S	34°53'54"W
PB02	7°56'24"S	34°53'54"W
PB03	7°56'19"S	34°53'53"W
PB04	7°56'18"S	34°53'53"W
PB05	7°56'01"S	34°53'54"W

Fonte: Amaral et al. [2]

2.2 ESTIMATIVA DE DOSES

O cálculo das doses efetivas anuais (E_{ing}) devido a ingestão das águas de poços com altos teores de Rn-222 na RMR foi realizado utilizando a Equação 1 [3]:

$$E_{ing} = C_{Rn} \times Q_{\text{água}} \times T \times 1000 \times DCF \quad (1)$$

na qual, C_{Rn} são as concentrações de atividade de Rn-222 nas águas dos poços ($Bq L^{-1}$); $Q_{\text{água}}$ é a quantidade diária de água consumida ($L dia^{-1}$); T é o intervalo de tempo de consumo da água (no caso 365 dias); 1000 é coeficiente de conversão de Sv para mSv, e DCF é o Coeficiente de Dose Efetiva associada à ingestão de Rn-222 (no caso $3,5 \times 10^{-9} Sv Bq^{-1}$) [2, 3].

Foram calculadas as médias dos valores de concentração de atividade de radônio relatados por Amaral et al. nas águas de poços do Bairro do Fosfato e no Bairro de Paratibe, e em seguida foram estimadas as doses efetivas anuais devido à ingestão dessas águas.

Os valores de volume de água consumida que foram utilizados para os cálculos deste estudo se basearam nas recomendações do *Institute of Medicine of the National Academies* [4], que leva em consideração as diferentes necessidades entre cada faixa etária e entre homens e mulheres (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de água por faixa etária

Faixa etária	Sexo	L dia ⁻¹	L ano ⁻¹
0-6 meses	-	0,7	255,5
7-12 meses	-	0,8	292,0
1-3 anos	-	1,3	474,5
4-8 anos	-	1,7	620,5
9-13 anos	M	2,4	876,0
	F	2,1	766,5
14-18 anos	M	3,3	1204,5
	F	2,3	839,5
>18 anos	M	3,7	1350,5
	F	2,7	985,5

Fonte: Institute of Medicine of the National Academies [4]

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os elevados valores de concentração de radônio nas águas de poços dos Bairros do Fosfato e de Paratibe [2], cujas médias foram, respectivamente, $37,5 \pm 2,6 \text{ Bq L}^{-1}$ e $46,4 \pm 3,2 \text{ Bq L}^{-1}$, indicavam a existência de risco potencial à saúde da população que as consumia [7, 12].

Os resultados obtidos para as estimativas doses efetivas anuais devido à ingestão de Rn-222 neste estudo confirmaram esta hipótese. Como apresentado nas Tabelas 3 e 4, a partir dos 9 anos de idade no Bairro do Fosfato, Abreu e Lima, e a partir dos 4 anos no Bairro de Paratibe, Paulista, os valores médios de dose efetiva anual associada à ingestão de águas contendo Rn-222 encontraram-se acima do nível recomendado de dose efetiva para o ser humano a partir do consumo de água ($0,1 \text{ mSv ano}^{-1}$), chegando a valores até 2,1 vezes maiores do que este limite [13].

Os valores encontrados neste estudo são significativamente maiores que os encontrados por Duggal et al. [12], em estudo realizado no distrito em águas subterrâneas utilizadas para consumo localizadas em Sikar, na Índia (valor máximo = $0,543 \text{ mSv ano}^{-1}$); semelhantes ao encontrados por Yadav et al. [14], em pesquisa realizada com águas subterrâneas localizadas em quatro distritos de Uttar Pradesh, na Índia (valor máximo = $0,156 \text{ mSv ano}^{-1}$); e menores do que os encontrados por Ravikumar e Somashekar [15], em estudo realizado com águas subterrâneas da Cidade de Bangalore, Índia (valor máximo = $0,444 \text{ mSv ano}^{-1}$).

Tabela 3. Doses efetivas anuais associadas à ingestão de radônio nas águas de poços do Bairro do Fosfato, Município de Abreu e Lima. Em negrito valores acima do limite recomendado.

Faixa etária	Sexo	Dose efetiva (mSv ano^{-1})		
		Mín	Média	Máx
0-6 meses	-	0,007	0,033	0,066
7-12 meses	-	0,008	0,038	0,075
1-3 anos	-	0,013	0,062	0,086
4-8 anos	-	0,016	0,081	0,160
9-13 anos	M	0,023	0,115	0,226
	F	0,020	0,100	0,198
14-18 anos	M	0,032	0,158	0,311
	F	0,022	0,110	0,217
>18 anos	M	0,036	0,177	0,348
	F	0,026	0,129	0,254
Média geral			0,100	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 4. Doses efetivas anuais associadas à ingestão de radônio nas águas de poços do Bairro de Paratibe, Município de Paulista. Em **negrito** valores acima do limite recomendado.

Faixa etária	Sexo	Dose efetiva (mSv ano ⁻¹)		
		Mín	Média	Máx
0-6 meses	-	0,030	0,042	0,066
7-12 meses	-	0,034	0,047	0,075
1-3 anos	-	0,055	0,077	0,086
4-8 anos	-	0,072	0,101	0,160
9-13 anos	M	0,102	0,142	0,226
	F	0,089	0,125	0,198
14-18 anos	M	0,140	0,196	0,311
	F	0,098	0,136	0,217
>18 anos	M	0,157	0,219	0,348
	F	0,115	0,160	0,254
Média geral	-	-	0,125	-

Fonte: Dados da pesquisa

Os dados apresentados indicam que o consumo direto das águas de poços localizados nessas duas regiões contribuiria significativamente para o aumento da dose efetiva anual dos indivíduos e para o aumento dos riscos à saúde da população dessas regiões associados ao radônio [15]. Recomenda-se que medidas de mitigação da concentração do radônio nessas águas sejam tomadas antes que elas sejam consumidas para a segurança da saúde da população dessas regiões [16].

4 CONCLUSÕES

Os valores estimados no presente estudo confirmam que há risco à saúde dos indivíduos que consomem diretamente as de águas de poços dos Bairros do Fosfato, Abreu e Lima, e Paratibe, Paulista. A elevada dose efetiva anual devido à ingestão dessas águas eleva o risco de desenvolvimento de câncer de estômago e bexiga, principalmente, da população das áreas estudadas que consome tais águas.

Desta forma, este hábito não é indicado para a população destas regiões, sendo necessária a adoção de medidas como a aeração ou o armazenamento da água antes de seu consumo para mitigação dos possíveis efeitos do Rn-222 à saúde.

REFERÊNCIAS

1. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Office of groundwater and drinking water rule: technical fact sheet EPA 815-F-99-006. Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency, 1999.
2. AMARAL, D. S.; SANTOS, M. L. O.; FARIAS, E. E. G.; SILVA, K. E. M.; SOUZA NETO, J. A.; FRANÇA, E. J. Radônio-222 em águas de poços em áreas do fosforito uranífero da Região Metropolitana do Recife. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 2, p. 3920-3926, 2019.
3. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION - ICRP. Protection of the public in situation of prolonged radiation exposure. New York: Pergamum Press, 1999.
4. INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES - IMNA. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride and sulfate. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2005.
5. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON EFFECTS OF ATOMIC RADIATION - UNSCEAR. Summary of low-dose radiation effects on health. New York: United Nations Publication, 2011.
6. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. A citizen's guide to radon: The guide to protecting yourself and your family from radon. Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency, 2016.
7. FARIAS, E. E. G.; SILVA NETO, P. C.; SOUZA, E. M.; FRANÇA, E. J.; HAZIN, C. A. Radon levels and transport parameters in atlantic forest soils. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 307, p. 811-815, 2016.
8. CORRÊA, J. N.; PASCHUK, S. A.; KAPPKE, J.; PERNA, A. F. N.; FRANÇA, A. C.; SCHELIN, H. R.; DENYAK, V. Measurements of ²²²Rn activity in well water of the Curitiba metropolitan area (Brazil). *Radiation Physics and Chemistry*, v. 104, p. 108-111, 2014.
9. BAUDRON, P.; COCKENPOT, S.; LOPEZ-CASTEJON, F. RADA KOVITCH, O.; GILABERT, J.; MAYER, A.; GARCIA-AROSTEGUI, J. L.; MARTINEZ-VICENTE, D.; LEDUC, C.; CLAUDE, C. Combining radon, short-lived radium isotopes and hydrodynamic modeling to assess submarine groundwater discharge from an anthropized semiarid watershed to a Mediterranean lagoon (Mar Menor, SE Spain). *Journal of Hydrology*, v. 525, p. 55-71, 2015.
10. NAVARANJAN, G.; BERRIAULT, C.; DO, M.; VILLENEUVE, P. J.; DEMERS, P. A. Cancer incidence and mortality from exposure to radon progeny among Ontario uranium miners. *Occupational Environmental Medicine*, v. 73, p. 838-845, 2016.
11. SOUZA, E. M. Estratigrafia da sequência clástica inferior (andares coniaciano-maastrichtiano inferior) da Bacia da Paraíba e suas implicações paleogeográficas. Tese de Doutorado. Recife: PPGEOC/UFPE, 2006, 375 p.

12. DUGGAL, V. MEHRA, R.; RANI, A. Study of radium and radon exhalation rate in soil samples from areas of Northern Rajasthan. *Journal Geological Society of India*, v. 86, p. 331-336, 2015.
13. WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. *Guidelines for Drinking-water quality: Recommendations*. Geneva, Suíça: World Health Organization, 2004.
14. YADAV, A. K.; SAHOO, S. K.; MAHAPATRA, S.; KUMAR, A. V.; PANDEY, G.; LENKA, P. TRIPATHI, R. M. Concentrations of uranium in drinking water and cumulative, age-dependent radiation doses in four districts of Uttar Pradesh, India. *Toxicological & Environmental Chemistry*, v. 96, p. 192-200, 2014.
15. RAVIKUMAR, P.; SOMASHEKAR, R. K. Distribution of ^{222}Rn in groundwater and estimation of resulting radiation dose to different age groups: A case study from Bangalore City. *Human and Ecological Risk Assessment: International Journal*, v. 24, p. 174-185, 2018.
16. ALMEIDA, L. M.; PELEGRINELI, S. Q.; SILVA FILHO, W. S. Revisão teórica da radioatividade em água potável: Principais isótopos radioativos encontrados, seus efeitos à saúde humana e métodos de redução. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 62932-62938, 2020.