

Determinação dos níveis de ^{222}Rn em residências localizadas nas proximidades da Refinaria de Petróleo Landufo Alves (RLAM)

Adelson S. De Brito¹, Zildete Rocha², Rita de Cássia Franco Rêgo¹, Talita Oliveira Santos², Maria do Rosário Zucchi³, Marcus V. Teixeira Navarro^{1,4}

¹ Programa de Pós-Graduação em Saúde Ambiente e Trabalho – Faculdade de Medicina – Universidade Federal da Bahia

² Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, CNEN

³ Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Instituto de Física – Universidade Federal da Bahia

⁴ Núcleo de Tecnologia em Saúde, Laboratório de Física Radiológica, Instituto Federal da Bahia

Copyright 2012, SBF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 27 a 29 de novembro de 2012. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do V SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBF.

Resumo

O radônio é um gás inerte radioativo, inodoro e insípido, e tem origem no decaimento do urânio e tório. Cancerígeno reconhecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), o isótopo ^{222}Rn tem meia-vida de 3,8 dias, tempo suficiente para ascender do subsolo e penetrar nos ambientes através de fendas e fissuras naturais ou não da construção, percolar o ar atmosférico e se acumular nos ambientes interiores de habitações podendo alcançar aí níveis de concentração elevados. As atividades de extração e processamento de petróleo e gás natural podem gerar resíduos contaminados por isótopos de urânio e tório, assim como de outros isótopos radioativos gerados pelos seus decaimentos. Nesse trabalho foi determinada a concentração dos níveis de radiação devido ao ^{222}Rn em residências na localidade de Caípe, município baiano de São Francisco do Conde, localizada na vizinhança da RLAM.

Introdução

Elementos radioativos estão presentes em rochas, solos e corpos aquíferos em concentrações variadas. Como consequência, muitas das atividades de extração e beneficiamento de minérios assim como atividades de extração e processamento industrial de petróleo e gás natural tendem a gerar e acumular materiais radioativos de ocorrência natural ou do inglês Naturally Occuring Radioactive Materials (NORM).

Durante o processo de formação do petróleo a matéria orgânica é aprisionada em rochas cujas composições geológicas incluem isótopos de ^{238}U e ^{232}Th , que estão presentes em concentrações variadas nas formações do petróleo e gás natural. Esses isótopos instáveis são transferidos aos hidrocarbonetos componentes do petróleo e gás natural constituindo assim traços de material radioativo que podem permanecer no produto, atravessando toda a cadeia industrial do seu processamento. O ^{226}Ra é filho do ^{238}U e o ^{224}Ra é filho do ^{232}Th (Figura 1). De um modo geral, os isótopos do rádio são mais solúveis que seus respectivos pais e

podem ser mobilizado durante a fase de formação do petróleo da rocha para os hidrocarbonetos componentes das formações (SMITH, 1992). Esses isótopos tendem a se acumular na água de formação de onde são trasladados para a superfície juntamente com o conteúdo industrialmente útil extraído na cadeia de atividades industriais do petróleo, se acumulando também como parte dos resíduos gerados pelas atividades de refino e processamento. Dentre esses NORM o ^{226}Ra é o que mais preocupa devido à larga faixa de variação que sua atividade pode apresentar: de níveis indetectáveis até a faixa dos 40.000 pCi/g (SMITH, 1992). Como exemplos de NORM que são também fontes de preocupações, cita-se ^{210}Pb e o ^{222}Rn , filho do ^{226}Ra , especialmente em áreas nas quais ocorre o processamento de gás natural.

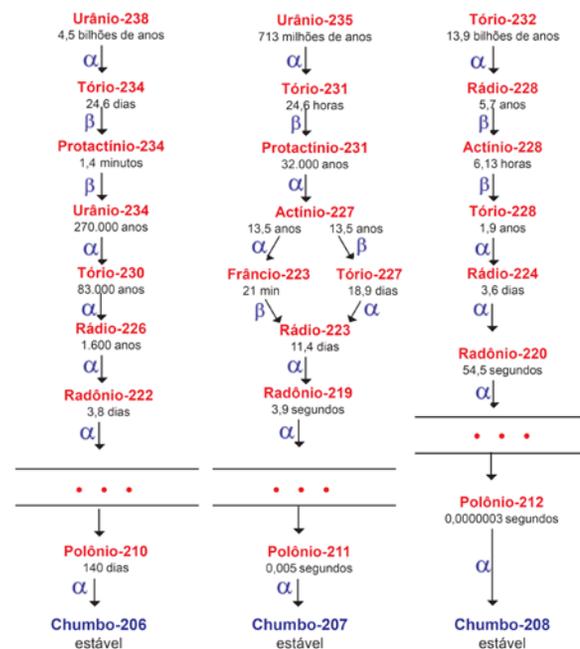


Figura 1. Séries radioativas naturais do ^{238}U , ^{235}U e ^{232}Th . (<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas.asp>)

Parte desses isótopos de rádio dissolvida na água de formação pode co-precipitar juntamente com bário, estrôncio ou cálcio e formar lamas de compostos silicatos ou carbonáceos, e até acumular em forma de escamas mais ou menos rígidas. Essas lamas e escamas radioativas são encontrados em equipamentos

envolvidos no tratamento e separação da água de produção. Equipamentos de produção e processamento podem dessa maneira estar contaminados em consequência desse acúmulo. O público em geral pode estar exposto à referida contaminação NORM, via inalação de radônio, ingestão de águas superficiais e subterrâneas contaminadas com NORM, e ingestão de alimentos contaminados com NORM. O descarte inadequado dos resíduos pode contaminar o solo, e a água e consequentemente elevar os níveis de radônio nos ambientes internos de habitações e imóveis situados nas áreas circunvizinhas (SMITH, 1992).

Esse projeto visa medir as concentrações atmosféricas de ²²²Rn em residências na localidade de Caípe, município baiano de São Francisco do Conde, localizada na vizinhança da RLAM.

Metodologia/ Problema Investigado

A Refinaria Landulpho Alves (RLAM) é uma refinaria de grande porte pertencente à Petrobrás, localizada no município de São Francisco do Conde, no Estado da Bahia. Hoje, mais de 60 anos depois de inaugurada, a RLAM tem capacidade de processamento de mais de 323 mil barris/dia, sendo a segunda maior refinaria instalada e em funcionamento no Brasil (PETROBRAS NOTÍCIAS). Diariamente, essa unidade de produção coloca no mercado dezenas de derivados do petróleo incluindo gasolina, diesel, GLP (gás de cozinha), nafta, óleos lubrificantes, parafinas, n-parafina, solventes e querosene de aviação. Pela contiguidade com a refinaria, Caípe pode estar servindo como área preferencial de decantação para o material particulado e gasoso emitido pela RLAM durante as suas atividades de processamento de petróleo e gás. Este material pode penetrar no interior dos corpos das pessoas na população, seja por inalação, seja por ingestão. Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América, ou do inglês *United States Environmental Protection Agency* (EPA), o radônio é reconhecidamente um agente carcinogênico humano e estima-se que cerca de 21.000 mortes por câncer de pulmão nos EUA foram causadas pelo radônio (EPA, 2003). A inalação dos produtos do decaimento do radônio tem sido associada ao crescimento do risco de câncer de pulmão. Projeções de risco colocam o radônio como a segunda causa de mortes por câncer de pulmão depois do fumo (EPA, 2003). Cerca de 90% da dose anual de exposição do homem a radiação pode ser atribuída a fontes naturais e, desse total, a metade pode ser atribuída aos produtos do decaimento do radônio (EPA, 1982).

Materiais & Métodos

Foram instaladas em sete residências uma câmara de ionização (Figura 2) ou câmara iônica de eletreto (E-PERM®) da Rad Elec, Inc., que consiste em um monitor passivo de radônio constituído por um eletreto altamente estável montado dentro de uma pequena câmara fabricada em plástico condutor de eletricidade. Esse eletreto consiste em um disco de Teflon® que serve

como fonte de íons e como sensor. Os íons negativos produzidos no interior da câmara são coletados pelo eletreto (carregado positivamente), e esse fenômeno causa a diminuição da carga elétrica (positiva) superficial do eletreto.



Figura 2. Câmara de ionização (aberta e fechada) (<http://radelec.com/>)



Figura 3. Leitora de tensão (<http://radelec.com/>)

A medição da carga perdida (ou do empobrecimento da carga original do eletreto) durante o período da exposição da uma medida da ionização integrada durante a referida exposição. A carga do eletreto é lida antes (V_i) e depois (V_f) da exposição mediante o uso de uma leitora especial de voltagem (que não entra em contato físico com o eletreto para realizar a leitura) denominada Leitora de Tensão Elétrica SPER (SPER *Electric Voltage Reader*). Usando a diferença ($\Delta = V_f - V_i$), como dado de entrada em uma fórmula apropriada é possível determinar a atividade de radônio relativa ao período da medição (RADELEC, 2011). Na metodologia utilizada para a coleta de dados incluiu a exposição das E-PERM durante cerca de 60 horas.

Segundo a EPA as concentrações médias aceitáveis concentrações de radônio em ambientes abertos deve ser mantida ao nível de 0.4 ~1.3 pCi/L e os níveis de concentração de radônio nos ambientes internos das habitações, prédios, garagens, etc., devem ser mantidos na faixa de ~ 4.0 pCi/L. No entanto é recomendado que esses níveis sejam mantidos no entorno de ~ 2.0 pCi/L.

Tabela 1. Resultados das medidas de concentrações de radônio em ambientes da localidade de Caípe, próximo a RLAM

Pontos Amostrado	CRn (pCi/L)	Erro (pCi/L)
1	0,70	0,1
2	0,60	0,1
3	0,90	0,1
4	1,10	0,1
5	1,80	0,1
6	1,50	0,1
7	4,90	0,3

As concentrações de radônio (C) foram calculadas mediante a seguinte fórmula:

$$C = \frac{CV}{(k)(d)} - B$$

onde:

C = concentração média de radônio em pCi/L;
 k = $1,88 + (0,006 \times (CV/2))$, é o fator de correção fornecido pelo fabricante;
 CV = diferença aritmética entre a tensão inicial e tensão final dada em Volts;
 d = número de dias de exposição (2,5 para esse experimento);
 B = fator de correção relativo à radiação gama natural (geralmente de 1 pCi/L) (OSHA, 2010).

Darko *et al.* publicaram os resultados de uma pesquisa feita no entorno da Refinaria Tema, localizada a 25 km a leste de Acra, capital da República de Gana, onde, apesar de estar essa refinaria em funcionamento por cerca de quarenta anos, jamais se havia feito um levantamento dos riscos a saúde da população, representados pela exposição aos radionuclídeos ^{226}Ra , radônio, ^{222}Rn e ^{40}K . De acordo com os resultados encontrados, os níveis de radônio nas áreas do entorno da referida refinaria estão dentro da faixa de valores toleráveis de exposição do público, indicando que o processamento de petróleo pela refinaria não aumenta significativamente o risco radiológico a saúde, porém deve ser objeto de monitoramento para que efeitos de longo prazo sejam acompanhados tanto no público, quanto nos trabalhadores (DARKO *et al.* 2011).

Singh *et al.* realizaram um levantamento em habitações localizada nas proximidades de uma refinaria de petróleo localizada na cidade de Mathura, no estado de Uttar Pradesh, Índia. Os valores medidos foram comparados com valores medidos em habitações na cidade de Agra, no mesmo Estado. Concentrações de radônio e de seus descendentes foram medidas em 71 habitações situadas nas vizinhanças da refinaria, em 39 habitações situadas na cidade de Mathura e em 36 habitações situadas na cidade de Agra. As concentrações de radônio e de seus descendentes foram medidas ou determinadas em WL (Working Level ; $1 \text{ WL} = 7,4 \times 10^3 \text{ Bq.m}^{-3}$). Os resultados mostraram concentrações em níveis considerados como toleráveis na maioria das áreas do entorno, porém em 25% das habitações aí situadas, as concentrações se mostraram superiores a 200 Bq. m^{-3} , ou seja, acima do nível de ação recomendado pela USEPA, que é de 150 Bq. m^{-3} (SINGH *et al.*, 2003).

Em Belo Horizonte, Minas Gerais, foi realizado um trabalho de medição das concentrações de radônio em ambientes interiores encontrando valores cujas médias variaram em torno de 148 e 200 Bq. m^{-3} , ou seja, acima do nível de ação recomendado pela USEPA. No caso específico de Belo Horizonte, foram identificadas áreas nas quais a tendência de elevadas concentrações estaria relacionada a formação geológica (SANTOS *et al.*, 2009).

Discussão e Conclusões

Alguns dos valores obtidos foram relativamente baixos. O valor obtido pela medição realizada nos pontos 4, 5 e 6 apresentaram superior a 1 pCi/L enquanto a medição realizada no ponto 7 apresentou-se superior a 4 pCi/L , ou seja, superior ao limite máximo recomendado pela EPA. A movimentação de moradores e usuários dos imóveis nos ambientes de medição pode ter influenciado as concentrações obtidas. Nesse aspecto, em particular, o ponto 6 e o ponto 7 foram os menos perturbados pelas movimentações e apresentaram valores mais altos de concentração de radônio no ambiente. A utilização de Câmaras Iônicas de Eletreto (E-PERM®) é um método eficiente e de baixo custo para a medição de níveis de concentração atmosférica de radônio. Esses resultados são preliminares e pretende-se ampliar o alcance do método de pesquisa com vistas à melhor entender a correlação entre níveis de concentração atmosférica de radônio por NORM associada a eventos envolvendo resíduos gerados pelas atividades de refino e processamento de petróleo e gás.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio recebido pela coordenação do Programa de Pós-Graduação em Saúde Ambiente e Trabalho (PP-GSAT) do Departamento de Medicina Social e Preventiva da Faculdade de Medicina da Bahia – FAMEB, Universidade Federal da Bahia – UFBA, na pessoa do Prof. Dr. Paulo Giovane Pena, ao Prof. Dr. Fernando Martins Carvalho, professor Titular do mesmo PP-GSAT, ao pessoal técnico e estudantes do Laboratório de Física Nuclear Aplicada – LFNA, do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia – UFBA, ao Prof. Dr. Antonio Exedito Gomes de Azevedo do mesmo LFNA, e a população de Caípe pela ajuda e boa vontade no local. Agradecemos igualmente ao Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear – CDTN pelo apoio infra-estrutural representado pela participação instrumental e definitiva do Professor Zildete Rocha, sem o qual não seria possível realizar o experimento.

Referências

COSTA, A. B., 2001. Radioatividade Alfa e Radiocarbono em Águas Subterrâneas no Estado da Bahia. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

DARKO, E. O. *et al.*, 2012. Radiation doses and hazard from crude oil processing in Ghana: Oxford Journals: Radiation Protection Dosimetry, 148(3): 318-328

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1982. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR. Exposure to radon and thoron and their decay products. Acesso em julho/2012: www.unscear.org/doc/reports/1982/1982-D_unscear.pdf

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2003. ASSESSMENT OF RADON IN HOMES. Office of Radiation and Indoor Air United States. Acesso em julho/2012.

www.epa.gov/radiation/doc/assessment/402-r-03-003.pdf

SANTOS, T. O., 2010. Distribuição da concentração de radônio em residências da região metropolitana de Belo Horizonte RM-BH. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares.

SINGH, A. K., KHAN, A. J., PRASAD, R. 2001. Study of radon concentrations in oil refinery premises and city dwellings: Institute of Physics Publishing: Journal of Radiological Protection, 21 163–170

SMITH, K. P., 1992. An overview of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) in the Petroleum Industry. Environmental Assessment and Information Science Division, Argonne National Laboratory, ANL/EAIS-7. Acesso em julho/2012.

www.evs.anl.gov/pub/doc/ANL_EAIS_7.pdf

RADELEC. *How E-PERMs® Work*; Rad Elec Inc. Acesso em julho/2012. www.radelec.com

Occupational Safety & Administration (OSHA), 1993. United States Department of Labor, Radon in Workplace Atmospheres. Acesso em julho/2012.

www.osha.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id208/id208.html