



MÉTODO SIMPLIFICADO PARA A MEDIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE RADÔNIO EM LOCAIS FECHADOS, UTILIZANDO DETECTORES DTPA E MICROSOPIA ÓPTICA.

Palavras-Chave: RADÔNIO *INDOOR*, RADIOATIVIDADE, URÂNIO, CONCENTRAÇÃO

Autores:

TYLER ALLEN DUTTON, IG – UNICAMP

Prof. Dr. WANILSON LUIZ SILVA (orientador), IG – UNICAMP

HUGO TEIXEIRA (coorientador), PPG-GEOCIÊNCIAS, IG – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O radônio é um gás nobre, incolor, inodoro, insípido e radioativo. A meia-vida de seu principal isótopo (^{222}Rn) é de 3,8 dias, desse modo apresenta-se em baixa concentração nos ambientes. Esse gás provém naturalmente do decaimento do urânio (U) e do tório (Th), dois elementos abundantes na crosta terrestre, presentes em rochas, solos sedimentos e água, sendo estes geradores naturais de radônio que deverá ser exalado ao ambiente adjacente a essas fontes. Por ser um gás não reativo, o radônio permeia facilmente pelos poros das rochas, dos solos e pelas fraturas dos pisos e paredes das construções civis, concentrando-se no interior dessas construções. O radônio deve ser encontrado comumente em baixas concentrações, praticamente em todos os locais, não sendo prejudicial à saúde humana. Porém, uma concentração mais elevada desse gás pode ser nociva porque devido às suas propriedades de radioatividade o radônio é classificado como carcinogênico. Essas concentrações mais elevadas são, geralmente, encontradas em edifícios mal ventilados, construídos em solos ou matriz rochosa rica em minerais contendo urânio/tório, ou que contenham uma grande quantidade de rochas ornamentais em seus ambientes.

A permeabilidade do solo, também é fator que contribui para a concentração de radônio no ar, portanto quanto mais permeável o solo maior a quantidade de gás liberada, e maior a concentração desse gás no ambiente..

A inalação crônica de radônio é a segunda causa de incidência de câncer de pulmão no mundo, ficando atrás do tabagismo. Por esse motivo, a concentração de radônio preocupa organismos controladores da saúde pública,. Esse risco tem alertado a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para um maior controle dos níveis de exposição humana a esse gás em ambientes com menor circulação de ar.

No Brasil, essa preocupação ainda é incipiente, pois faltam estudos que mapeiem a exposição média desse gás, em um determinado período, das pessoas que residem no país. Além disso, também faltam estudos que relacionem os níveis de radônio no ambiente com o potencial do substrato geológico como fonte deste gás.

A falta de estudos sobre a exposição ao radônio no Brasil deve-se à dificuldade em realizar a medição dos níveis de concentração desse gás. Atualmente, existem métodos de contagem que utilizam equipamentos específicos que, apesar de serem de excelência, são caros e poucos comuns. Medidores AlphaGuard e microscópio TASLIMAGE (microscópio óptico de contagem automática de pontos), são exemplos desses

equipamentos. A dependência de equipamentos caros para a realização das medidas de concentração do radônio faz com que estudos de maior escala sejam inviabilizados.

Detectores DTPA (Detector de traços de partículas alfas) detectam de forma passiva a emissão de radioatividade do radônio, por meio dos danos causados pelas partículas alfas, emitidas pelo radônio. Essas partículas atingem o polímero que constitui o detector e, após tratamento químico específico, podem ser observados por microscópio ótico, que podem ser encontrados em universidades, institutos de pesquisas e escolas, diminuindo o custo de estudos capazes de fornecer, de modo relativo, mas muito consistente, a concentração desse gás em determinados ambientes.

OBJETIVOS:

O objetivo deste projeto de Iniciação Científica foi testar a relação estatística entre a concentração de radônio em ambientes internos (radônio *indoor*) utilizando o equipamento TASLIMAGE e a contagem manual em microscópio ótico de pontos das partículas alfa emitidas pelo radônio, registrados no polímero do detector DTPA. Espera-se encontrar uma curva de calibração que possa ser usada para obtenção da concentração de radônio a partir de uma contagem manual de pontos em microscópios óticos. Isso pode incentivar estudos futuros e de maior escala contemplando todo o território nacional, incluindo locais menos favorecidos do país.

MATERIAIS E MÉTODOS:

O estudo foi realizado nas dependências da Agência de Inovação da UNICAMP (INOVA), situada na Fazenda Argentina, área contígua ao campus da Universidade, em Campinas/SP. Esta área faz parte de um Hub Internacional para o Desenvolvimento Sustentável (HIDS), na qual se propõe (projeto em discussão na UNICAMP) construir uma estrutura que combine e articule ações, por meio de parcerias e cooperações entre instituições que possuam competências e interesses voltados a prover contribuições concretas para o desenvolvimento sustentável de forma ampla, incluindo as ações que tenham impactos nos eixos social, econômico e ambiental. Este projeto de Iniciação Científica é pioneiro nesta área, e está integrado à visão deste HIDS que é contribuir para o processo do desenvolvimento sustentável, agregando esforços nacionais e internacionais para produzir conhecimento, tecnologias inovadoras e educação das futuras gerações, mitigando e superando as fragilidades sociais, econômicas e ambientais da sociedade contemporânea.

Para a realização deste projeto, foram instalados 10 detectores DTPA (Figura 1) de obtenção passiva da radiação alfa em ambientes internos da INOVA-UNICAMP. Estes detectores permaneceram nos locais de instalação por seis meses (setembro/2022 a março/2023). Os detectores usados foram do modelo Makrofol SSNTD sensíveis a partículas alfa, preparados de acordo com procedimentos previamente desenvolvidos. Os detectores foram então submetidos a tratamento químico (hidróxido de sódio com concentração de 6,25 M por 1h a 98°C) para destacar as marcas da radiação alfa, posteriormente a contagem destas marcas ou pontos, seguiu as condições determinadas por URBAN *et al.* (1985). O método está descrito em detalhes em BINNS *et al.* (1998). Os pontos foram contados automaticamente por meio do TASLIMAGE, e método 115–SSNTD no Laboratório Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (LAPOC-CNEN).

Os mesmos detectores foram submetidos à contagem manual, por meio de microscópio ótico Leica (luz transmitida). Durante a operação, observou-se que a contagem manual de todos os pontos presentes no detector era inviável devido a praticidade sugerida na medição, por causa da alta quantidade de pontos. Dessa forma optou-

se por uma estatística não paramétrica, mediante a qual foram escolhidos aleatoriamente 10 campos de visão ótica (objetiva de 20X) em cada detector (Figura 2). Cada campo de visão representou aproximadamente 0,785 mm² de área, e todos os pontos presentes neste campo foram contados. Depois foram calculados os valores total e médio de pontos, e a quantidade de pontos por unidade de área (dividindo-se o valor médio pela área do campo de visada). Esta contagem de pontos foi comparada à concentração de radônio fornecida pelo LAPOC-CNEN obtida pelo equipamento TASLIMAGE e os resultados foram plotados em uma curva de distribuição.



Figura 1: Detector de radônio DTPA modelo CR-39, desmontado apresentando a capa de proteção e o polímero sensível a radiação alfa (transparente) que fica no interior do detector. O polímero se comunica com o ambiente exterior por meio de ranhuras presentes na capa do detector. Imagem adequada de Dias (2017).

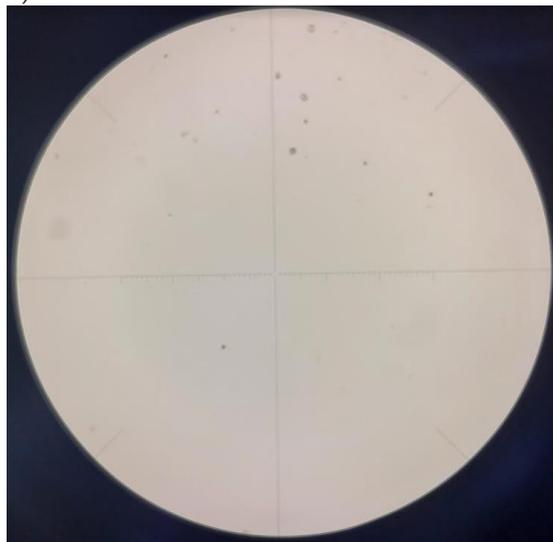


Figura 2: Visão microscópica das marcas (pontos) deixadas pela radiação alfa no detector (imagem captada com ocular de 10X e objetiva de 20X, proporcionando um aumento de 200X). A imagem representa uma área de aproximadamente 0,785 mm², e os pontos têm aproximadamente 3 µm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

As concentrações médias (aritméticas) de radônio nos ambientes da INOVA/UNICAMP estão apresentadas na Tabela 1. Os valores médios foram entre 17 e 51 Bq/m³, com média de 32,6 Bq/m³ (desvio padrão aritmético aproximadamente 11,9 Bq/m³). Essa média é compatível com resultados citados para outras áreas de baixo background de radônio (UNSCEAR, 1988). Os valores médios encontrados no presente estudo também podem ser considerados semelhantes, àqueles encontrados em habitações na cidade do Rio de Janeiro (RJ), com médias aritméticas de radônio indoor (ambientes internos) entre 21 Bq/m³ e 63 Bq/m³ (média geral de 40 Bq/m³; MAGALHÃES et al., 2003).

Uma relação entre a contagem manual de pontos deixados pela radiação alfa nos detectores e a respectiva concentração de radônio é mostrada na Figura 3. Embora o número de contagens seja pequeno (N = 10 campos contados em cada um dos 10 detectores), nota-se uma tendência de correlação positiva (coeficiente de regressão linear $R^2 = 0,62$) entre as concentrações de radônio e as contagens “parciais” de pontos, tanto no aspecto da soma global dos 10 campos contados (intervalo entre 50 e 107 pontos; Figura 3a), como na situação em que a média aritmética de pontos contados nos 10 campos foi usada (Figura 3b).

Concentrações de radônio em diferentes ambientes da INOVA/UNICAMP					
No. do Detector	Resultado	Unidade	No. do Detector	Resultado	Unidade
2410	31 ± 11	Bq/m ³	2430	30 ± 10	Bq/m ³
2431	31 ± 10	Bq/m ³	2432	50 ± 20	Bq/m ³
2433	37 ± 12	Bq/m ³	2434	17 ± 8	Bq/m ³
2435	20 ± 8	Bq/m ³	2436	34 ± 11	Bq/m ³
2437	51 ± 22	Bq/m ³	2438	25 ± 7	Bq/m ³

Tabela 1. Concentrações médias (\pm desvio padrão) de radônio (em Bq/m³) obtidas por meio de detectores DTPA em ambientes internos nas instalações da INOVA/UNICAMP.

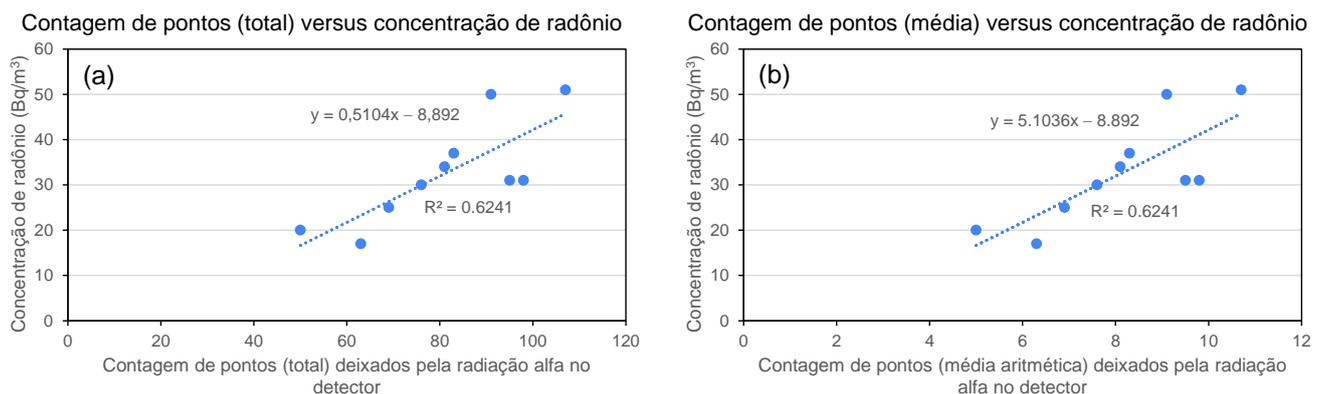


Figura 3: Concentrações médias de radônio (em Bq/m³) obtidas por meio de detectores SSNTD (Tabela 1) e sua relação com a contagem manual de pontos nos detectores em microscópio óptico simples. Foram contados 10 campos de visão (0,785 mm² de área) distribuídos aleatoriamente em cada detector (polímero plástico sensível à radiação alfa). Em (a), a relação se dá entre as concentrações de radônio e a contagem total de pontos nos 10 campos, e (b) mostra a relação entre as concentrações de radônio e a contagem média (aritmética) de pontos nos campos. As linhas de tendência linear e os coeficientes de regressão são similares para os dois casos.

As projeções lineares mostradas na Figura 3, com a possibilidade de definição da equação da reta, sugerem que é possível usar detectores DTPA, de baixo custo, para medir o radônio ambiental *indoor*, cuja concentração pode ser estimada por simples contagem parcial de pontos (amostragem não paramétrica) em microscópio óptico. A eficiência do método pode ser melhorada à medida em que a equação da reta (ou “curva de calibração”) seja estatisticamente satisfatória (no mínimo $p < 0,05$) para uma área de estudo sob monitoramento ambiental do radônio *indoor*.

CONCLUSÕES:

Este estudo mostrou que as concentrações médias de radônio *indoor* nas instalações da Agência de Inovação da UNICAMP ($32,6 \pm 11,9$ Bq/m³) foram compatíveis com resultados encontrados em áreas com baixo

background deste gás radioativo. O estudo foi oportuno para sinalizar a possibilidade de estimativa dos níveis de radônio por meio de detectores DTPA e a contagem manual parcial de pontos deixados pela radiação alfa nestes detectores, por meio do uso de microscópio óptico. Embora estudos adicionais sejam necessários, esta técnica pode ser útil para aumentar as investigações do radônio *indoor* no Brasil, com baixo custo de obtenção de dados e auxiliar no controle e mitigação das concentrações desse gás em diferentes ambientes.

Agradecimentos

Ao Laboratório Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (LAPOC-CNEN), por fornecer os detectores DTPA e realizar as análises das concentrações de radônio; à Agência de Inovação da UNICAMP (INOVA), pelo acesso às suas instalações; ao Instituto de Geologia da Unicamp por fornecer os equipamentos para medida manual e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa PIBIC ao primeiro autor.

BIBLIOGRAFIA

BINNS, D.A.C., FIGUEIREDO, N., MELO, V.P., GOUVEA, V.A. Radon-222 measurements in a uranium-prospecting area in Brazil. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 38, p. 249-254, 1998

DIAS, D.C.S. 2017. **Estudos de Validação da técnica de Detectores de Estado Sólido de Traços Nucleares para determinação de radônio-222 no ar e monitoramento em Centros de Educação Infantil de Poços de Caldas-MG**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 109 p.

MAGALHÃES, M.H., AMARAL, E.C.S., SACHETT, I., ROCHEDO E.R.R. Radon-222 in Brazil: an outline of indoor and outdoor measurements. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 67, p. 131-143, 2003

UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. **Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation**. New York, United Nations, 1988

URBAN, M., BINNS, D.A.C., ESTRADA. J.J. **Radon measurements in mines and dwellings**. Report KFK, 3866/CNEN1101, Karlsruhe, 1985.