



Id.: CR49

DESAFIOS DA “CAMPAÑA DE MONITORAÇÃO DE RADÔNIO EM AMBIENTES INTERNOS DE BELO HORIZONTE” E AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE DOS DADOS OBTIDOS

**Júlia B. Severo^{1,2}, Isabela N. S. Ferreira^{1,2}, Laura C. Takahashi²,
Stela D. S. Cota², Ricardo G. Passos²**

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET MG. Av. Amazonas, 5253,
Nova Suíça, 30421-169, Belo Horizonte, MG, Brasil.

²Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN/CNEN. Av. Presidente Antônio Carlos,
6627, Campus UFMG, Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

juliabsevero@gmail.com

Palavras-Chave: Radônio; Campanha; Monitoração

RESUMO

O radônio é um gás radioativo natural que tende a se concentrar em espaços fechados, sendo a segunda principal causa de câncer de pulmão no mundo, de acordo com a OMS. A avaliação da concentração de radônio em ambientes internos torna-se necessária, pois, por meio de estudos radiométricos, é possível mapear e identificar zonas de risco, e adotar medidas de mitigação. No entanto, para realizar medições em ambientes internos, é necessária a participação da população, para que cedam locais para a pesquisa. Este estudo avaliou a representatividade dos dados da "Campanha de Monitoração de Radônio em Ambientes Internos de Belo Horizonte" (CMRAI-BH). A campanha envolveu cerca de 500 voluntários, que instalaram detectores de radônio em ambientes internos. Os detectores foram mantidos por três meses durante o período seco e três meses durante o período chuvoso. Os dados indicaram maior adesão e comprometimento na primeira fase da campanha, com cerca de 94% das amostras retornando, enquanto na segunda fase esse número foi cerca de 80%. Somando as duas campanhas, cerca de 61% dos voluntários apresentaram dados completos sobre a instalação do equipamento conforme solicitado no formulário. A baixa adesão ao preenchimento completo do formulário, que incluía informações essenciais como o nível do piso na residência onde o detector foi instalado e o cômodo, dificultou a interpretação precisa das concentrações de radônio. Além disso, 53% não informaram precisamente a data de instalação e retirada na Campanha 1 e 41% na Campanha 2, prejudicando a exatidão dos cálculos de concentração de radônio. Em relação a retirada do detector após o término do período de exposição, diversos voluntários não lacraram adequadamente conforme as orientações, influenciando nos valores de concentração final. Ademais, na segunda parte da campanha, alguns voluntários decidiram não participar, por diversas razões. Notou-se também uma dificuldade do retorno dos detectores para o laboratório, devido a desencontros na entrega dos detectores. Dessa forma, são necessárias estratégias eficazes para garantir a representatividade dos dados. Apesar da perda de exatidão de alguns dados, medidas iniciais foram tomadas para tentar amenizar isso. A CMRAI-BH demonstrou boa adesão dos colaboradores, todavia foram identificados pontos a serem otimizados. Casos de instalações e retiradas incorretas do detector e a falta do preenchimento das informações indicam a necessidade de maior rigor na coleta de dados e na cobrança de prazos, visando garantir a representatividade de um estudo radiométrico com a participação de voluntários em grande escala.



1. INTRODUÇÃO

O radônio é um gás nobre, inerte e emissor de radiação alfa, e faz parte das cadeias de decaimento do urânio e do tório. Por estar presente no meio ambiente, ele pode infiltrar-se em edifícios, onde tende a se concentrar em espaços internos. Essa característica faz do radônio um dos principais contribuintes para a exposição humana à radiação natural, sendo reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como a segunda maior causa de câncer de pulmão no mundo [1].

Dado a preocupação pela saúde pública que o radônio representa, especialmente em ambientes internos, torna-se essencial monitorar suas concentrações em residências e outros espaços fechados. As medições da concentração de radônio em residências são fundamentais para fornecer estimativas confiáveis da exposição individual, permitindo mapear e identificar zonas de risco à saúde humana, assim como elaborar medidas de mitigação na residência, a fim de reduzir a concentração de radônio e, conseqüentemente, prevenir a exposição; que poderia levar ao desenvolvimento de neoplasias pulmonares. Para realizar essas medições em ambientes internos, é necessária a participação da população para que ceda locais para o estudo [2].

Estudos realizados em diversas partes do mundo destacam a importância e a efetividade da medição da concentração de radônio em ambientes internos. Países como Portugal e Estados Unidos têm desenvolvido programas nacionais de medição de radônio. Em Portugal, a Campanha Nacional de Monitoração do Gás Radônio, liderada pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), tem como principal objetivo a criação de um mapa de suscetibilidade à exposição ao radônio, conforme previsto na legislação nacional [3]. Nos Estados Unidos, a United States Environmental Protection Agency (USEPA) conduz programas de monitoramento que são essenciais para atingir o objetivo nacional de minimizar e prevenir casos de câncer de pulmão relacionados ao radônio. Esses programas identificam as áreas dos EUA com maior potencial para níveis elevados de radônio em ambientes internos, utilizando dados de medições de radônio, geologia, parâmetros do solo e tipos de fundação [4]. No Brasil, Santos (2010) avaliou as concentrações de radônio em residências da Região Metropolitana de Belo Horizonte, encontrando uma concentração média de 108 Bq/m³, valor significativamente superior ao mencionado pela United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), que é de 40 Bq/m³ [5].

Existem diversos detectores para a medição de radônio, como o CR-39, que é um Detector de Traços para Partícula Alfa (DTPA) de longo período. Este equipamento é composto por um substrato polímero, geralmente de Poliálil Diglicol Carbonato (PADC), que, quando exposto às partículas alfa emitidas pelo radônio, sofre danos microscópicos. Após um tratamento químico ou eletroquímico, esses danos se tornam visíveis e podem ser contados para calcular a concentração de radônio. Considerando a elevada variabilidade temporal do radônio em ambientes internos, as medições de longo período são mais confiáveis para estimar com precisão a concentração média anual do gás, garantindo, assim, resultados mais precisos e representativos. Além de sua precisão, o CR-39 apresenta-se como uma boa opção para estudos com voluntários, pois seu tamanho compacto e a facilidade de instalação tornam viável o uso prolongado com cuidados mínimos, permitindo que os detectores permaneçam expostos nas residências dos participantes por períodos adequados [6].

Contudo, ao considerar uma campanha envolvendo voluntários, é fundamental reconhecer que o público em geral pode não ter conhecimento técnico sobre o tema. Para garantir o sucesso de uma campanha desse tipo, é necessário implementar estratégias eficazes que assegurem a representatividade dos dados e promovam a conscientização sobre o tema, visando aumentar a adesão de voluntários. Dada a natureza participativa dessas campanhas, é igualmente essencial ter cautela na verificação dos dados obtidos, pois podem ocorrer erros relacionados ao processo



de instalação e uso dos detectores. Este trabalho teve como objetivo avaliar a representatividade dos dados de um estudo radiométrico realizado com a participação de voluntários.

2. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo baseou-se na análise dos dados obtidos pela "Campanha de Monitoração de Radônio em Ambientes Internos de Belo Horizonte" (CMRAI-BH). A campanha foi realizada em dois períodos distintos: um durante a estação seca e outro durante a estação chuvosa. O objetivo principal foi recrutar participantes dispostos a instalar a câmara de difusão com o detector CR-39 e em suas residências por um período de três meses em cada fase.

Os ambientes-alvo incluíram residências, locais de trabalho, estabelecimentos comerciais e instituições de ensino. Durante cada fase da campanha, foram distribuídos 467 kits, que continham uma carta de apresentação do projeto, um protocolo de instalação e orientações sobre o manuseio do detector, além de um panfleto informativo sobre os riscos relacionados ao radônio. Também foi entregue um formulário que deveria ser preenchido com dados sobre as características do local onde o detector foi instalado, informações essenciais para a fase de interpretação dos dados coletados [7].

Para avaliar a autenticidade dos dados coletados, foram levantados dados sobre a instalação e manuseio dos detectores, bem como outras informações relevantes. A metodologia consistiu na análise e interpretação desses dados, de forma a compreender a representatividade e a eficácia das estratégias implementadas na campanha, além de identificar áreas que podem ser aprimoradas para futuras iniciativas de monitoramento.

3. RESULTADOS

Com o objetivo de avaliar a eficácia da campanha de monitoramento do radônio, foram analisados diversos dados coletados ao longo do estudo. Esses dados foram fundamentais para entender o nível de engajamento dos voluntários e a qualidade das informações obtidas. A análise focou nas amostras que foram efetivamente devolvidas pelos voluntários, no preenchimento adequado dos formulários, no registro preciso das datas de instalação e retirada dos detectores, bem como na participação dos voluntários nas duas campanhas realizadas. Para uma melhor compreensão dos resultados, foi desenvolvido um gráfico comparativo entre as duas campanhas (Fig. 1).

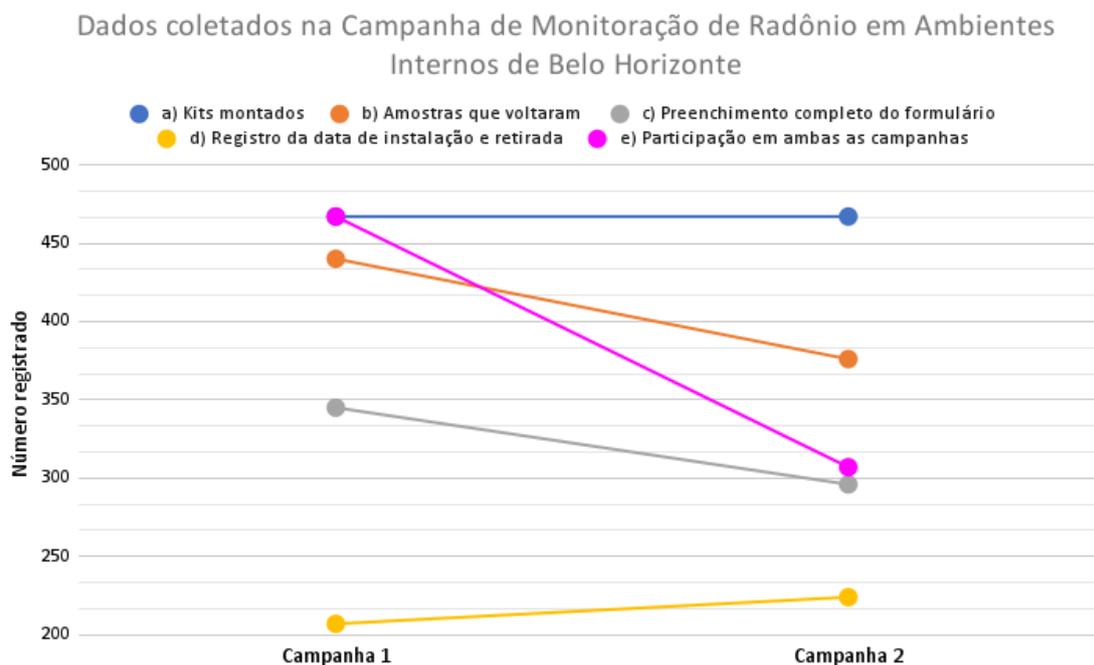


Fig. 1. Dados coletados na Campanha de Monitoração de Radônio em Ambientes Internos de Belo Horizonte

Os dados levantados indicaram uma maior adesão e comprometimento dos voluntários na primeira fase da campanha, onde cerca de 94% das amostras retornaram para análise. No entanto, na segunda fase, esse número caiu para aproximadamente 80%, conforme mostrado na Fig. 1, letra b. Um estudo realizado por Gonzalez (2020), que envolveu mais de 3.000 voluntários em uma campanha de monitoramento de radônio no noroeste da Espanha, encontrou uma taxa de retorno de 87% dos detectores, uma porcentagem semelhante à observada na CMRAI-BH.

Além disso, no que diz respeito ao comprometimento dos voluntários, apenas 65% daqueles que participaram da Campanha 1 também participaram da Campanha 2 (Fig.1, letra e). Essa redução de 35% na participação afetou a representatividade dos dados, comprometendo a capacidade do estudo de comparar as concentrações de radônio entre o período seco e o período chuvoso, dificultando a avaliação precisa do impacto das condições climáticas sobre as concentrações de radônio. A participação contínua dos voluntários em campanhas de monitoramento é crucial para a obtenção de dados consistentes e comparáveis ao longo do tempo. Todavia, apesar de reduzir os dados da comparação entre os dois períodos, a redução não comprometeu significativamente o objetivo principal da campanha, que era estudar a concentração de radônio em ambientes internos de BH.

Os dados referentes ao preenchimento do formulário e ao registro das datas de instalação e retirada apresentados na Fig. 1, letra c e d respectivamente, foram também interpretados com base apenas nas amostras que retornaram para análise. O resultado dessa interpretação está disponível na Tab. 1, onde a porcentagem calculada foi baseada exclusivamente nessas amostras que retornaram.



Tab. 1. Critérios avaliados em relação as amostras que retornaram

Critério de avaliação	Porcentagem avaliada	
	Campanha 1	Campanha 2
Preenchimento completo do formulário	78%	79%
Preenchimento parcial do formulário	22%	21%
Registro da data de instalação e retirada	47%	60%

O preenchimento completo do formulário foi de 78% na Campanha 1 e 79% na Campanha 2. No entanto, como alguns voluntários participaram de ambas as campanhas, há uma sobreposição nos dados, o que pode explicar a alta porcentagem de preenchimento em cada uma das campanhas individualmente. Quando analisamos o preenchimento do formulário considerando cada voluntário, independentemente da campanha em que participaram, a taxa de preenchimento completo cai para 61%. Isso indica que, embora os números para cada campanha pareçam elevados, uma análise mais detalhada revela que menos voluntários do que o inicialmente aparentado preencheram o formulário completo em ambas as fases do estudo. Além disso, 53% dos voluntários não informaram as datas exatas de instalação e retirada dos detectores na Campanha 1, e 40% não o fizeram na Campanha 2, o que dificultou a etapa de cálculo da concentração de radônio das amostras.

Em relação ao manuseio do detector, 8% dos voluntários na Campanha 2 não lacraram o detector adequadamente após o período de exposição, o que comprometeu os resultados finais das concentrações de radônio. Esse número é significativamente mais alto em comparação com a Campanha 1, onde a taxa de erro foi bastante inferior. Essa situação na Campanha 2 destaca a necessidade de reforçar as instruções e a importância do procedimento de lacração para garantir a precisão dos resultados.

Para resolver esses problemas relacionados à falta de informações essenciais para a interpretação dos dados e o descuido no uso correto dos detectores, foram adotadas várias medidas antes e durante as campanhas. Para garantir a representatividade dos dados e aumentar a conscientização dos voluntários, estratégias específicas foram implementadas para melhorar a adesão. Um vídeo explicativo foi produzido para orientar os voluntários sobre o uso correto do detector, e a distribuição dos kits foi realizada por uma equipe treinada para fornecer instruções claras e precisas. O uso de plataformas digitais também contribuiu para uma maior difusão da campanha, permitindo alcançar um público mais amplo, enquanto a abordagem presencial otimizou a explicação do uso do detector, proporcionando uma compreensão imediata e detalhada.

Após os resultados encontrados na Campanha 1, houve um esforço adicional na Campanha 2 para cobrar mais rigorosamente o preenchimento completo das informações pelos voluntários. Embora nem todos os voluntários tenham registrado as informações corretamente, a equipe da campanha adotou uma abordagem proativa para garantir a precisão dos dados. Sempre que uma informação essencial não era fornecida, a equipe entrava em contato diretamente com o participante para obtê-la. Após a entrega dos detectores, foi mantido um contato constante com os voluntários, enviando mensagens para verificar se o detector havia sido instalado corretamente e se surgiram dúvidas. Esse acompanhamento contínuo também permitiu um controle sobre as datas exatas de instalação e retirada dos detectores. Além disso, ao final do período de exposição de três meses, a equipe lembrava os voluntários da necessidade de retirar o detector e entregá-lo, assegurando assim que os dados fossem coletados de forma precisa e dentro do prazo estabelecido. Em suma, apesar do



não preenchimento dos dados da maneira que foi pedida pela equipe, os mesmos foram coletados de outra forma. Isso reforça a necessidade do cuidado das pesquisas com voluntários.

4. CONCLUSÃO

A “Campanha de Monitoração de Radônio em Ambientes Internos de Belo Horizonte” demonstrou boa adesão dos colaboradores, no entanto, foram identificados pontos que precisam ser aprimorados ao lidar com voluntários. Ressalta-se que a cultura de medir radônio em ambientes internos não é presente no Brasil. Além disso, muitos dos voluntários eram leigos e não tinham conhecimento do que era o radônio das consequências que a exposição do mesmo pode ocasionar em longo prazo. A ocorrência de instalações incorretas e descuido com o detector e coleta de dados indicam a necessidade de um maior rigor na coleta de dados e nas cobranças de prazos.

Apesar das dificuldades encontradas ao lidar com os voluntários, a pesquisa apresentou resultados significativos e que contribuem para o estudo da radioatividade natural em Belo Horizonte. Ademais, a metodologia elaborada e os aprendizados contribuem para que estudos semelhantes futuros possam ser executados de forma cada vez mais assertiva. Por isso, é fundamental entender as possíveis razões para a queda na participação, como a falta de interesse contínuo, dificuldades logísticas na instalação e remoção dos detectores, ou falhas na comunicação e no suporte aos voluntários entre as campanhas. Além disso, fatores adversos como mudança de endereço ou de morador na residência também comprometeram a participação do voluntário. Embora tenham sido feitas tentativas para resolver os problemas identificados na Campanha 1 para a Campanha 2, novas dificuldades surgiram, evidenciando a complexidade do trabalho com voluntários em diferentes etapas; o que compromete, em parte, objetivos específicos do trabalho, mas não o objetivo geral.

Estudos envolvendo voluntários apresentam desafios que requerem estratégias para melhorar a aferição dos resultados. Com essa experiência, busca-se aprimorar continuamente os métodos utilizados, visando garantir resultados mais precisos e representativos em futuras campanhas, o que é fundamental para assegurar a representatividade de um estudo radiométrico baseado na participação voluntária. Contudo, a CMRAI-BH apresentou resultados relevantes e o presente trabalho contribui para transparecer os dados obtidos. Salienta-se que apesar dos desafios, o desempenho do estudo radiométrico mostrou-se representativo e contribui para futuros estudos de saúde pública que dizem respeito ao câncer de pulmão em Belo Horizonte, podendo servir de referência para outras cidades

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio e financiamento das bolsas de Iniciação Científica. Ao Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN) pela disponibilização de sua infraestrutura, que foram fundamentais para o desenvolvimento dessa pesquisa.



Semana Nacional de Engenharia Nuclear e da Energia e Ciências das Radiações – VII SENCIR
Belo Horizonte, 12 a 14 de novembro de 2024

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] UNEP - United Nations Environment Programme, Radiation Effects and Sources. What is radiation, (2016).

[2] UNSCEAR- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation*. United Nations, New York (2000).

[3] <https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/campanha-nacional-de-monitorizacao-do-gas-radiao-2020> acessado em 26/08/2024.

[4] <https://www.epa.gov/radon> acessado em 26/08/2024.

[5] T. O. Santos, Distribuição da concentração de radônio em residências e outras construções da Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH”, *Dissertação*, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, (2010).

[6] WHO – World Health Organization., Who Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, *WHO Library: Cataloguing-in-Publication Data*, France, (2009).

[7] L. C. Takahashi. Preparo da monitoração de radônio em ambientes internos de Belo Horizonte. International Joint Conference RADIO (2022)