

RADIAÇÃO NUCLEAR E CIRCULAÇÃO DE AR: UMA PROPOSTA CONTEXTUALIZADA E INTERDISCIPLINAR

Jorge Henrique Cunha Basilio¹
Alberto Silva Cid²
Thiago Correa Lacerda³

RESUMO

Os fenômenos radioativos, tão presentes no cotidiano, ficam distantes da realidade dos discentes, pois pouco é ensinado sobre as atividades dos isótopos instáveis e dos fenômenos relativos a eles, naturais em sua maioria. Desse modo, perpetua-se a ideia de que qualquer atividade radioativa está associada a acidentes nucleares. Um dos motivos à perpetuação desses discursos é o modo como a radiação é abordada no Ensino de Ciências, sob a forma de fórmulas e tratamentos matemáticos, os quais não fornecem uma interface à natureza, à realidade. Visando melhorar esse contexto, construímos um tubo de acrílico de 2 m de comprimento a fim de estudar o crescimento da radiação, em seu interior, de pedras oriundas de rejeitos de uma mina de urânio. As medições de radiação são feitas usando um monitor Geiger-Müller. Os resultados mostraram que quando o Geiger está perto de uma corrente de ar no tubo a intensidade radioativa medida diminui; já ao colocá-lo na posição de isolamento, a medida aumenta quase o dobro, o que indica que o ar em movimento carrega consigo as partículas radioativas, interferindo nas contagens de radiação. A corrente de ar, cuja entrada foi forçada com o auxílio de uma bomba de vácuo, mostra fatos como a importância de se afastar de um acidente nuclear no sentido contrário ao do vento e a utilidade de se manter as residências bem arejadas a fim de não se acumular radionuclídeos, que tem origem em rochas que fazem, em geral, parte da composição das construções.

Palavras-chave: Ensino de radiação; Ciência contextualizada; Ações mitigadoras; Tubo com corrente de ar;

INTRODUÇÃO

A radiação, energia liberada por núcleos instáveis na forma de partículas ou ondas eletromagnéticas e que tem a capacidade de se propagar no vácuo, está presente não apenas em processos técnico-científicos, mas também nos mais corriqueiros e cotidianos possíveis. Afinal, radionuclídeos não são uma particularidade do ambiente laboratorial (OKUNO e YOSHIMURA, 2010). Por conta desse caráter tão amplo e abrangente dos processos

¹ Graduando do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ, jorgehenriquebasilio@hotmail.com – Participante do projeto PIBIC 2018/19: “Radiação no Tubo de Acrílico”;

² Doutor pelo Curso de Física da Universidade Federal Fluminense- UFF, asilvacid@gmail.com;

³ Professor orientador: doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - UFF, thiago.lacerda@ifrj.edu.br

radioativos, é de suma importância que estes sejam abordados em sala de aula, mas sob um viés contextualizado e conscientizador, de modo que aqueles que se encontram em processo de aprendizagem possam adquirir informações tais que os tornem capazes de lidar adequadamente com uma fonte radioativa, evitando, assim, acidentes nucleares (ANJOS *et al*, 2001).

Contudo, pouco abordada no ensino de ciências, a radiação é vista pelos alunos, quando vista, sob a forma de fórmulas e tratamentos matemáticos, os quais não fornecem informações acerca de como se comportar ante uma fonte radioativa, ou mesmo o que seja uma e quais suas origens. Desse modo, mantém-se as desinformações e tabus os mais diversos, que fazem com que grande parte da população creia que toda atividade radiológica é nociva e aquém de sua realidade (ANJOS *et al*, 2001).

Tamanha é a desinformação relativa ao assunto que geralmente quando se pergunta, em sala de aula, acerca dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o que sabem a respeito da radiação nuclear, a resposta geralmente envolve os acidentes de Goiânia, Chernobil e as bombas nucleares de Hiroshima e Nagasaki. (ANJOS *et al*, 2008)

Esse contexto fortalece a necessidade de se pensar e aplicar metodologias capazes de gerar conhecimento sobre as fontes geradoras de radioatividade - naturais ou artificiais - e do melhor modo de se proteger e lidar com estas (AL-AZMI, MUSTAPHA e KARUNAKARA, 2012).

Dentre os radionuclídeos de ocorrência natural, os que mais contribuem à atividade radiológica terrestre, e conseqüentemente à irradiação do corpo humano, principalmente por radiação gama, são aqueles cuja meia-vida iguala-se à do planeta, os ditos primordiais, e seus filhos, produtos diretos de seus decaimentos: ^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K . O maior responsável pela dose anual de radiação natural, compreende aproximadamente 54% desta, absorvida pela população é o gás radônio, especificamente falando, o ^{222}Rn , advindo da longa série de decaimento do ^{238}U , da qual é o único elemento gasoso (UNSCEAR, 2000). Por se tratar de um gás nobre, dificilmente reage com os elementos da atmosfera ao ascender das superfícies porosas de rochas. Essa característica faz com que seja possível o acúmulo do gás em ambientes fechados, de pouca ventilação, como fica evidente nos estudos envolvendo minas e cavernas, onde nas zonas de menor ventilação há maior concentração do radônio (LACERDA, 2015).

Estudos mostram que o radônio, considerado a segunda maior causa de câncer pulmonar depois do tabaco, quando inalado em grandes concentrações, uma vez que suas

partículas alfa densamente ionizantes, emitidas pelo decaimento dos produtos depositados de vida curta do radônio (^{218}Po e ^{214}Po), interagem com o tecido biológico nos pulmões, levando a danos no DNA (OMS, 2007), apresenta-se em cavernas com concentrações que variam de 186 Bq.m^{-3} a 80000 Bq.m^{-3} , esta muito superior à máxima permitida à exposição, que é de 1000 Bq.m^{-3} (IAEA, 1996). Desse modo, considerando-se o número de cavernas e minas presentes no território brasileiro, dentre as quais diversas abertas ao público (ALBERIG e PECEQUILO, 2005), torna-se necessário mostrar essa realidade aos alunos, dando-se um enfoque sobre a relação natureza-homem. Assim, pensou-se em montar um aparato experimental que pudesse, de algum modo, relacionar essas questões às já abordadas no Ensino médio, decaimentos alfa, beta e gama; meia vida de radioisótopos, com as relativas à radiação como uma ocorrência natural e, portanto, peça constante do cotidiano. Desse modo, os discentes são contemplados com uma proposta interdisciplinar, a qual aborda conceitos físicos, químicos e ambientais.

A proposta experimental para nortear as problemáticas expostas acima constituiu-se na construção de um tubo de acrílico de dois metros de comprimento, o qual, ao simular uma caverna, com pedras de rejeitos de uma mina de urânio e um contador Geiger em seu interior, trata-se de uma ferramenta para mostrar aos discentes como a radiação se propaga em ambientes tubulares a partir de uma corrente de ar.

METODOLOGIA

Inicialmente, encomendou-se a construção de um tubo de acrílico de dois metros de altura por 15,5 cm de largura e 1,5 cm de espessura, dimensões tais ideais para permitir a entrada de aparatos no cilindro, como o contador Geiger-Müller, e uma maior resistência à estrutura, respectivamente. A escolha do material levou em consideração sua versatilidade: é leve, resistente e, mais importante, transparente, uma vez que este fator permite uma visualização total, facilitando aos operadores controlar os processos que ocorrem no interior da tubulação e aos alunos enxergarem o visor do contador, que fornece o número de contagens radioativas, que são invisíveis aos olhos mas ainda assim ionizam o gás no interior do aparelho.

Ao longo do tubo, fez-se três furos rosqueados, que têm entre si distâncias equivalentes, e em cada um acoplou-se um adaptador do tipo $\frac{1}{4}$ ligado a uma mangueira de

poliuretano, por meio das quais pode-se fazer a interface entre o cilindro e as ferramentas necessárias para o controle da pressão no ambiente tubular: a bomba de vácuo, o vacuômetro e a válvula do tipo polyflo. Futuramente, utilizar-se-á o tubo para simular minas sem ventilação, com propostas mitigadoras para alta concentração de radônio, e as entradas representando a existência de buracos ou rachaduras nesse ambiente (LACERDA, 2015).

No interior do espaço cilíndrico, coloca-se pedras de rejeito da mina de urânio de Caetité, que é a única do tipo em atividade no país, Bahia, as quais, por razão de sua origem, não apresentam índices radioativos suficientes para qualquer tipo de agressão à saúde; sequer necessitam de permissão ao manuseio já que advém de fontes naturais. Junto aos fragmentos rochosos há um contador Geiger-Müller (modelo GCA-07 da marca OMETTO) que tem por objetivo fornecer as contagens radioativas emitidas por aqueles ao longo de um minuto (contagens/minuto). As medições são feitas com e sem vácuo parcial, o qual é gerado pela bomba de vácuo que se liga ao tubo pela mangueira de poliuretano. Em ambos os casos, as pedras são colocadas próximas à abertura do tubo e depois à parte fechada.

A fim de se manter o vácuo aplicado, deve-se vedar o cilindro tanto quanto possível, fechando do modo mais eficaz possível todas as saídas de ar. Por conta disso, uma das saídas do sistema tubular foi completamente vedada utilizando-se uma tampa de vidro e uma mistura de Durepox® com silicone acético para evitar possíveis vazamentos. O outro lado, impossibilitado de um bloqueio permanente, haja vista que necessita-se de uma abertura para poder manusear o que há no interior do cilindro, necessitou de outros artificios. Para essa finalidade, mandou-se fazer uma tampa de vidro com duas camadas circulares, uma ligeiramente maior que a outra, para que houvesse encaixe tanto externamente quanto internamente. Colocou-se, ainda, para garantir uma melhor vedação, ao longo dos diâmetros interno e externo, borrachas de 7,5 mm de espessura. E ainda assim, ocorreu a passagem de ar, por onde foi simulada a corrente deste.

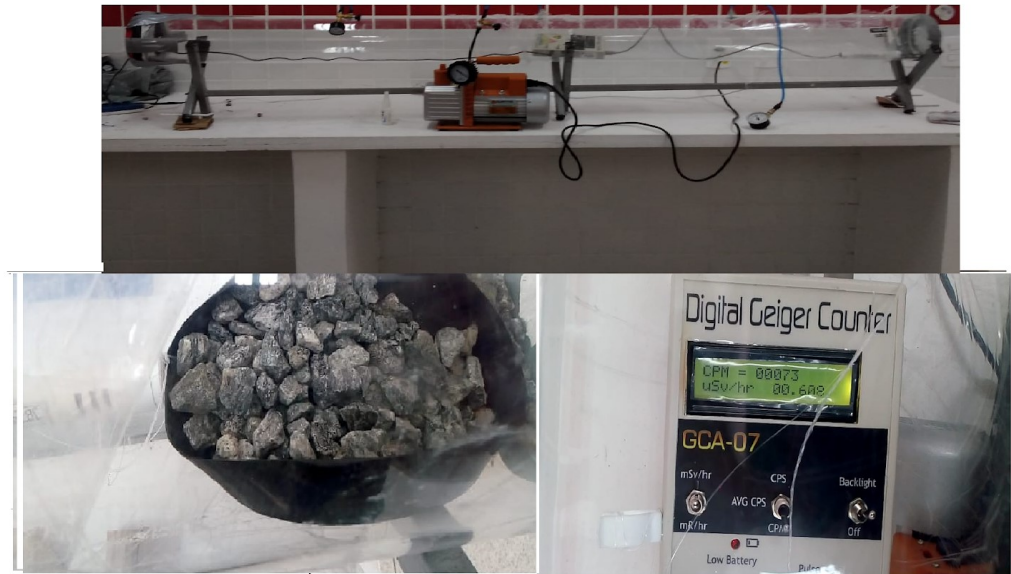


Figura 1: Tubo de acrílico e bomba (parte superior), amostras (à esquerda) e contador Geiger (à direita).

DESENVOLVIMENTO

A radiação é comumente apresentada aos alunos de ensino médio de uma forma altamente matematizada, de modo que os discentes acabam não adquirindo conhecimentos referentes à proteção radiológica. Esse déficit estende-se também aos graduandos, que dificilmente se deparam com o histórico das ciências da radiação, como, por exemplo, os acidentes radioativos e as causas que culminaram nestes; tampouco são postos face à clara diferença e conceituação das unidades de medida radioativa, Becquerel (Bq), Sievert (Sv) e Gray (Gy) (ANJOS *et al*, 2001).

Desse modo, torna-se necessário, a fim de agregar ao ensino de ciências da radiação a conscientização acerca da natureza e do comportamento de fontes radioativas, trabalhar assuntos os quais facilitam a compreensão de determinados conceitos, haja vista que o desconhecimento destes é, justamente, a origem de certos tabus sobre a radiação que permeiam a sociedade. Assim, é de suma importância que haja durante o processo de aprendizagem a diferenciação entre a irradiação natural ou artificial e acidentes nucleares (ANJOS *et al*, 2001).

Uma forma eficiente de se trabalhar esses conceitos é com a utilização de fontes naturais. Uma vez que sua irradiação é baixa, estas podem ser trabalhadas sem maiores problemas ou rebuscados aparatos de proteção. Necessita-se, ao lidar com esse material, de origem ambiental, apenas dos aparelhos sensíveis à medição da atividade radiológica, neste caso o monitor Geiger-Müller, o qual deve, preferencialmente, fornecer as contagens em Sv, já que para fins didáticos, é melhor trabalhar já em função das doses equivalentes, as quais são tabeladas pela IAEA (AL-AZMI, MUSTAPHA e KARUNAKARA, 2012).

Escolheu-se um cilindro para trabalhar as questões concernentes à irradiação pois nesse âmbito, caso haja apenas uma entrada de ar, há um diferente comportamento deste, o que configura um meio propício a se trabalhar as variações de concentração radioativa conforme as condições ambientais. Sabe-se que quanto mais ao fundo de um ambiente tubular com as características já citadas, maior a concentração de gases, com maior predominância do ^{222}Rn , oriundos das rochas, uma vez que há menor concentração de ar. (LACERDA, 2015).

Há ainda o fato de que por se assemelhar a uma caverna, tem-se como trabalhar as questões sociais referentes às condições por que passam mineradores ou outros grupos que dependem desse tipo de atividade à sobrevivência, configurando, dessa forma, uma abordagem científico-humanística do conceito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante as medições sem vácuo podem ser vistos na Tabela 1, a qual relaciona a média das contagens feitas em Sievert por minuto (Sv/min), apresentada na tabela como “Contagem por minuto”, já que as medidas foram tomadas minuto a minuto.

Tabela 1: Contagens sem vácuo

Contagens médias sem vácuo (Cont/min)	
Início do tubo	47,00
Final do tubo	63,00

Já a Tabela 2 fornece a média dos valores de doses efetivas aferidos durante a aplicação do vácuo no cilindro. Há valores médios para cada faixa de pressão de ar retirada de dentro do tubo, conforme perceber-se-á a seguir:

Tabela 2: Contagens médias com vácuo.

Contagens médias com vácuo (Cont/min)		
	Início do Tubo	Fim do Tubo
-300 Torr	60,70	60,00
-200 Torr	52,66	64,66
-100 Torr	49,66	67,00

Ao fazer-se a comparação entre o número de contagens nas situações com e sem a aplicação do vácuo parcial, percebe-se que há conformidade com Lacerda (2015), uma vez que a média do número de eventos ao fim do cilindro é quase que o mesmo para ambas as situações. Desse modo, mostramos que a falta de circulação do ar atmosférico como é tão menor quanto mais próximo da parede selada, configurando uma situação ideal do ^{222}Rn confinado. O que reforça essa ideia é o fato de que no início do tubo, onde há maior circulação de ar, há maior variação no número de contagens, com tendência à diminuição do nível radioativo, que se mostrou inversamente proporcional à pressão interna do sistema, ocasionada pelo ar atmosférico ali inserido. Ou seja, à medida que este ia sendo parcialmente retirado do cilindro com o auxílio da bomba de vácuo, percebeu-se um aumento nas contagens. Assim, podemos discutir com os alunos o quão perigoso pode ser para o trabalhador de minas passar longas jornadas laborais em ambientes sem ventilação e ainda trazer essa realidade para casas muito tempo fechadas em locais com frio rigoroso, pois as mesmas rochas das minas fazem parte da composição da alvenaria das nossas construções.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização deste trabalho, conclui-se que este configura-se como uma boa ferramenta à cotidianização do ensino de ciências da radiação, tão matematizado no nível

médio. Por meio dele consegue-se abordar questões tais como a irradiação de fontes naturais e suas formas de propagação em ambientes cujas condições são as mais diversas, bem como os conceitos de proteção radiológica e doses efetivas, as quais são de suma importância para romper com o tabu de que toda emissão radioativa é nociva; além disso, é possível, ainda, tratar de temas interdisciplinares, uma vez que assuntos como ventilação, pressão, minas e fontes emissoras vindas destas perpassam pelos conteúdos das matérias de Química, Física e Geografia, por exemplo. Outra característica deste trabalho é a possibilidade de levar aos alunos a realidade do ambiente de trabalho de mineradores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) pelo fomento e cessão de seus domínios ao pleno desenvolvimento desta pesquisa, ao Prof. Dr. Roberto Meigikos dos Anjos e sua equipe do LARA/UFF pelo auxílio na idealização do projeto e aos amigos André Vinícius Reis de Oliveira e William Simões Sousa pelo tempo dispensado para construção do tubo.

REFERÊNCIAS

ALBERIG, S., PECEQUILO, B.R.S., CAMPOS, M.P. 2005. Radon concentrations in caves of Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP, Brazil: preliminary results, International Congress Series, **Elsevier**, v. 1276, p. 403–404.

AL-AZMI, Darwish; MUSTAPHA, Amidu O; KARUNAKARA, N. Radon adsorbed in activated charcoal—a simple and safe radiation source for teaching practical radioactivity in schools and colleges. **Physics Education**, [s.l.], v. 47, n. 4, p.471-475, 26 jun. 2012. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/47/4/471>.

ANJOS, R. M. et al. Radioactivity teaching: Environmental consequences of the radiological accident in Goiânia (Brazil). **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 69, n. 3, p.377-381, mar. 2001. American Association of Physics Teachers (AAPT).

ANJOS, R M et al. Natural sources of radiation exposure and the teaching of radioecology. **Physics Education**, [s.l.], v. 43, n. 4, p.423-428, 20 jun. 2008. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/43/4/012>.

International Atomic Energy Agency (IAEA). International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, **IAEA Safety Series No. 115** (IAEA, Vienna, 1996).

LACERDA, Thiago Corrêa. **Distribuição Espacial de ^{222}Rn em Ambientes Tubulares: Uma Perspectiva Teórica Aplicada a Minas e Cavernas**. 2015. 106 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

OKUNO, E., YOSHIMURA, E.M. Física das Radiações. 1 Ed. São Paulo. **Oficina de Textos**, 2010

UNSCEAR – United Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, The 2000 Report to the General Assembly with scientific Annexes. New York: United Nations, 2000

World Health Organization (2007). International Radon Project Survey on Radon Guidelines, Programmes and Activities. WHO, Geneva