

ANÁLISE DO PERFIL RADIOMÉTRICO DINÂMICO DA PRAIA DA AREIA PRETA

Silva, J. A. S.¹; Rocha, S. R.²; Romagna, L. L. L.²; Orlando, M. T. D.¹;
Passamai, J. L. Jr^{1*}.

¹Departamento de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

²Departamento Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

* e-mail: jose.passamai@ufes.br

Resumo

Poucas praias brasileiras possuem composição de minerais com substâncias radioativas resultantes do processo de intemperismo e erosão de rochas ígneas ou metamórficas. Em certas regiões, a concentração desses radionuclídeos é particularmente elevada, o que caracteriza a presença de areias monazíticas. A monazita é um mineral fosfato que contém elementos radioativos, como o tório (^{232}Th) e urânio (^{238}U), e seus produtos de decaimento. Historicamente, areias monazíticas têm sido associadas a supostas propriedades terapêuticas e isso chamou a atenção da comunidade científica. No Brasil, a ocorrência de areias monazíticas é significativa, especialmente na região litorânea do Espírito Santo. A cidade de Guarapari é um exemplo notável, sendo reconhecida internacionalmente pela alta concentração desse tipo de sedimento em suas praias. Em particular, a Praia da Areia Preta em Guarapari é muito procurada pelos banhistas do próprio estado e de outras regiões do Brasil. A fim de compreender a dinâmica dos níveis de radioatividade das areias monazíticas acompanhamos a evolução temporal de radioatividade natural presente na areia da Praia da Areia Preta durante os meses de setembro de 2024 a junho de 2025. As medidas da radiação foram realizadas na faixa de areia utilizada pelos banhistas. Os resultados indicam que há flutuações temporais com intensidades, porém uma baixa dispersão espacial. Isto sugere que fatores ambientais, como chuvas, ventos e correntes oceânicas influenciam de forma reduzida a dispersão da areia monazítica na praia da Areia Preta e seus níveis de radioatividade ao longo da faixa de areia.

Palavras-chave: Radiação Natural, Radiação Ionizante, Areia Monazita, Areia da Praia, Avaliação radiológica.

Abstract

Few Brazilian beaches have mineral compositions with radioactive substances resulting from the weathering and erosion of igneous or metamorphic rocks. In certain regions, the concentration of these radionuclides is particularly high, which characterizes the presence of monazite sands. Monazite is a phosphate mineral that contains radioactive elements such as thorium (^{232}Th) and uranium (^{238}U) and their decay products. Historically, monazite sands have been associated with supposed therapeutic properties, which has attracted the attention of the scientific community. In Brazil, the occurrence of monazite sands is significant, especially in the coastal region of Espírito Santo. The city of Guarapari is a notable example, being internationally recognized for the high concentration of this type of sediment on its beaches. In particular, Praia da Areia Preta in Guarapari is very popular with beachgoers from the state itself and other regions of Brazil. In order to understand the dynamics of radioactivity levels in monazite sands, we monitored the temporal evolution of natural radioactivity present in the sand at Praia da Areia Preta from September 2024 to June 2025. Radiation measurements were taken on the stretch of sand used by beachgoers. The results indicate that there are temporal fluctuations in intensity, but low spatial dispersion. This suggests that environmental factors such as rainfall, wind, and ocean currents have a limited influence on the dispersion of monazite sand on Areia Preta beach and its radioactivity levels along the sand strip.

Keywords: Natural Radiation, Ionizing Radiation, Monazite Sand, Beach Sand, Radiological assessment.

1. Introdução

Radiação de fundo natural é a radiação ionizante presente no ambiente, proveniente de fontes naturais encontrada em solo, rochas, água, e ar. Esta radiação não está relacionada a atividades humanas e é uma parte constante do ambiente terrestre causada pelo decaimento de núcleos instáveis contidos em substâncias. Outra fonte de radiação é radiação cósmica que emitidas por estrelas que enviam um fluxo constante de partículas e radiação eletromagnética ionizante. Dentro deste contexto, as comunidades científicas veem pesquisando a relação ao causa e efeito da radiação de fundo na saúde humana e sistemas biológicos como aqueles descritos nas referências [1-6]. Além disso, é pesquisa vem buscando determinar a composição dos materiais radioativos para direcionamento de aplicações em indústria nuclear, medicina, cosmético e outros [7].

Os principais contribuintes para essa radiação são as séries de decaimento do Tório-232 (^{232}Th) e do Urânio-238 (^{238}U), juntamente com seus produtos de decaimento. Além deles, o Potássio-40 (^{40}K) também desempenha um papel significativa. Todos esses elementos são encontrados na crosta terrestre. É importante salientar que as concentrações desses radionuclídeos em solos, areias e rochas variam consideravelmente, dependendo da geologia específica de cada região do mundo.

No Brasil, há pesquisas que descrevem que algumas regiões litorâneas que apresentam radiação natural como, por exemplo, as praias do sul do estado da Bahia [7], praia Preta no Rio de Janeiro [9], praias do litoral norte de São Paulo [10] e praias de Meaípe no Espírito Santo [11]. Em particular, a análise das areias das praias de Guarapari revelou que são constituídas de misturas de duas frações: uma, em maior quantidade, com grãos irregulares de amarelo escuro a translúcidos, que podem ser atribuídos à ocorrência de quartzo, silicatos agregados e monazita e outra, com grãos bem mais escuros, facilmente atraídos por um ímã, contendo óxidos de ferro magnéticos associados a minerais não magnéticos [11]. Estas características também são encontradas em outras praias do município de Guarapari. E foram atribuídas a areia monazítica propriedades terapêuticas para tratamento de reumatismo, dermatoses e outras doenças alérgicas [1].

Devido aos efeitos inevitáveis das radiações e aos riscos à saúde decorrentes dessas exposições, é necessário continuar investigando como a radiação de

fundo natural afeta os sistemas biológicos. Para isto, é importante mapear as regiões de ocorrência e a evolução temporal da emissão radioativa. Neste sentido, propusemos realizar análise dosimétrica da Praia da Areia Preta, localizada no município de Guarapari, estado do Espírito Santo. Este estado tem 450 km de região costeira e somente algumas praias têm comprovadamente radiação de fundo natural. Nosso objetivo principal foi avaliar a distribuição do material radioativo ao longo da praia. De modo específico, compreender se ações naturais (erosão, correntes marítimas, vento, temperatura), e/ou intervenção humana alteram a dosimetria da areia monazítica.

O município de Guarapari/ES possui diversas praias com paisagens encantadoras e exuberantes. Neste contexto destaca-se a Praia da Areia Preta que é conhecida mundialmente conhecida por suas areias monazíticas de cor escuras.

Neste trabalho, será apresentado o deslocamento temporal da radioatividade presente na areia da praia de Guarapari [12], [13], [14] entre os meses de setembro de 2024 a junho de 2025.

2. Metodologia

A análise dosimétrica foi realizada na Praia da Areia Preta que está localizada no centro do município de Guarapari. Praia da Areia Preta faz divisa com a Praia das Castanheiras e a Praia do Meio. Além disso, tem 200 m de extensão, ela começa na Pedra do Siribeira ao norte e vai até a Praia das Pelotas ao sul. A radiação natural foi medida utilizando-se um contador Geiger da marca Gamma Scout, com aquisição de dados expressos em microSievert por hora ($\mu\text{Sv/h}$) e em Becquerel (Bq). A rota de monitoramento foi registrada por meio de um ciclocomputador da marca Etrex-10.

As medições foram realizadas em intervalos de 15 dias, com início em 12 de setembro de 2024 e término em 20 de junho de 2025. A extensão da praia foi percorrida sempre no mesmo sentido sul-norte de tal forma que os dados registrados permitiram análise temporal e espacial da radiação natural ao longo da praia estudada.

A radiação natural foi medida utilizando-se um contador Geiger da marca Gamma Scout, com aquisição de dados expressos em microSievert por hora ($\mu\text{Sv/h}$) e em Becquerel (Bq). A rota de monitoramento foi registrada por meio de um ciclocomputador da marca Etrex-10 [2]. A partir desses dados, foram elaborados gráficos que correlacionam a atividade radioativa (em Bq) com a distância percorrida.

As medições foram realizadas em intervalos quinzenais, com início em 12 de setembro de 2024 e término em 20 de junho de 2025 [13]. Cada medição foi registrada de forma sistemática, permitindo uma análise temporal e espacial detalhada da radiação natural ao longo da área estudada.

3. Discussão dos resultados

Os dados de radioatividade foram coletados entre setembro de 2024 e junho de 2025, e as medições foram agrupadas para facilitar a interpretação visual dos resultados.

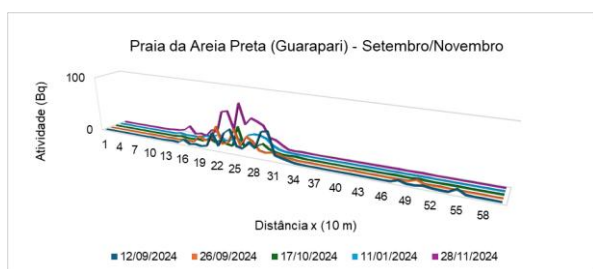


Figura 1: Evolução temporal da radiação natural da Praia da Areia Preta entre meses de setembro a novembro de 2024. Fonte o próprio autor.

Na Figura 1, observa-se que a radiação natural apresenta concentrações mais altas entre 100 e 310 metros a partir da linha de praia, com uma diminuição perceptível da radiação na região final da praia, entre 460 e 580 metros, nos dias 12 e 26 de setembro de 2024. Um dos picos mais significativos ocorreu no dia 28 de novembro de 2024, com uma atividade radioativa de 71,9 Bq a uma distância de 240 metros do início da praia, sendo este o valor mais elevado registrado ao longo de todo o período de medições. Outro pico notável foi registrado no dia 12 de setembro de 2024, com uma intensidade de 40,9 Bq na posição de 250 metros, também distante das medições em outras datas.

Na Figura 2, os dados obtidos entre os dias 13 de dezembro de 2024 e 27 de fevereiro de 2025, revelaram uma distribuição variada da radiação ao longo da praia, com maior intensidade entre 100 e 310 metros. No entanto, diferentes intensidades de radiação foram observadas em diversas datas, destacando-se a medição de 13 de dezembro de 2024, que apresentou a maior intensidade de radiação, com 50,2 Bq, em comparação às demais medições. Nos períodos seguintes, a média de radiação na região de 100-310 metros permaneceu em torno de 20,0 Bq, enquanto que entre 310 e 590 metros, as intensidades de radiação não ultrapassaram os 10 Bq, com exceção de um pico registrado em 13 de fevereiro de 2025, entre 390 e 430

metros.

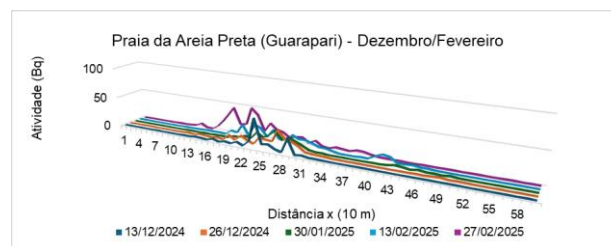


Figura 2: Evolução temporal da radiação natural da Praia da Areia Preta entre meses de dezembro de 2024 a fevereiro de 2025. Fonte o próprio autor.

Para o período de 11 de abril a 20 de junho de 2025, as medições indicaram uma concentração de radiação mais intensa entre 150 e 290 metros da linha de praia. Em 5 de junho de 2025, observou-se um pico de 58,2 Bq a 270 metros, seguido por outro aumento em 20 de junho, com uma intensidade de radiação de 70,7 Bq a 240 metros, sendo este o segundo maior pico registrado. Este último período foi caracterizado por uma maior concentração de radiação em uma faixa relativamente estreita da praia, entre 150 e 290 metros, enquanto que a região entre 310 e 580 metros não apresentou picos significativos, sugerindo que a maior parte da radiação medida se concentra na faixa de 190- 280 metros, conforme ilustrado na Figura 3.

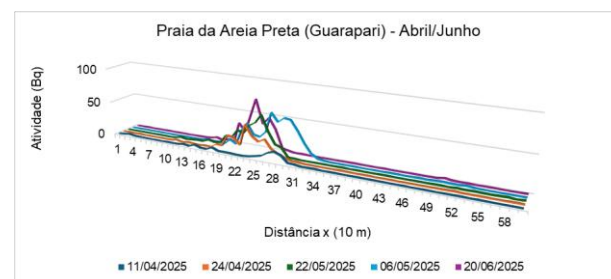


Figura 3: Evolução temporal da radiação natural da Praia da Areia Preta entre meses de abril a junho de 2025. Fonte o próprio autor

A análise dos dados demonstra uma distribuição espacial não homogênea da radiação natural ao longo da praia, com variações significativas entre as diferentes distâncias e datas. Os picos de radiação observados nas distâncias intermediárias (entre 240 e 250 metros) sugerem uma maior concentração da areia monazítica nessa região. A ausência de picos significativos entre 310 e 580 metros, especialmente nas medições realizadas após o mês de fevereiro de 2025, sugere que essas áreas têm a menor concentração de área monazítica ou que outras variáveis ambientais estão modulando a dispersão da radiação.

Além disso, os picos de radiação observados nas medições de novembro de 2024, janeiro de 2025 e junho de 2025 indicam possíveis flutuações temporais na atividade radioativa. Essas flutuações podem estar

associadas a variações sazonais, como o comportamento das chuvas, ventos ou mudanças no comportamento das correntes oceânicas, que poderiam influenciar a mobilização ou deposição da areia monazítica nas regiões observadas.

4. Conclusão

As medidas feitas até o presente momento indicam uma distribuição espacial não homogênea da radiação, com picos concentrados principalmente entre 100 e 310 metros do início da praia. Os maiores valores de atividade radioativa foram observados em novembro de 2024 (71,9 Bq) e junho de 2025 (70,7 Bq), com outras variações notáveis em setembro e dezembro de 2024.

As flutuações temporais observadas, com intensidades variando conforme a época do ano sugere que fatores ambientais, como chuvas, ventos ou as correntes oceânicas, podem influenciar na dispersão da areia monazítica. A concentração da radiação nas áreas mais próximas ao início da praia e a ausência de picos significativos em regiões mais afastadas indicam que a dispersão da radiação é limitada a faixas específicas, possivelmente devido à movimentação da areia monazítica ou às características geológicas locais.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ. Em especial a FAPES Edital 20/2022, NÚCLEOS CAPIXABAS EMERGENTES - TO 1031/2022 processo 2022-QHJQX, pelo apoio a pesquisa e infra. Edital 04/2022 – PROAPEM-PPGFIS – TO 365/2022 processo 2022-KWR53 por apoio aos deslocamentos e bolsas de pós-doutorado, e Edital 15/2022 - PROFIX – TO 678/2022 – 2022-HN9QH, pelo financiamento da pesquisa e infraestrutura laboratorial.

7. Referências

[1] ORLANDO, M. T. D., *et al.*, Correlation between Breast Cancer and Radiation Level of Guarapari City – ES – Brasil, Blucher Proceedings ISSN: 2358-2359, Volume 01, numero 02, 2014, DOI: 10.5151/phypro-ecfa-020. Acesso em: 17 jul. 2025.

[2] BARBOSA DA SILVA, Leandro; FARIA DA SILVA, Lucas; OMAR P. OREJUELA, Carlos; JUNIOR, Vanderlei B.; DA SILVA, Ademir Xavier. Assessment and estimation of the effective dose due to external exposure from natural radioactivity of sands used in civil construction in the state of Rio de Janeiro, Brazil. Applied Radiation and Isotopes, [S. l.], v. 205, p. 111157, 2024. DOI: 10.1016/j.apradiso.2023.111157. Acesso em: 17 jul. 2025.

[3] COELHO, Flávia Dos Santos; COUCEIRO, Paulo Rogério Da Costa; LOPES, Ana Lúcia; FABRIS, José Domingos. Óxidos de ferro e monazita de areias de praias do Espírito Santo. Química Nova, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 233–237, 2005. DOI: 10.1590/s0100-40422005000200013. Acesso em: 17 jul. 2025.

[4] NAIR, Raghu Ram K. et al. BACKGROUND RADIATION AND CANCER INCIDENCE IN KERALA, INDIA—KARANAGAPPALLY COHORT STUDY. Health Physics, [S. l.], v. 96, n. 1, p. 55–66, 2009. DOI: 10.1097/01.hp.0000327646.54923.11. Acesso em: 17 jul. 2025.

[5] PAPADOPOULOS, Argyrios; CHRISTOFIDES, Georgios; KORONEOS, Antonios; STOULOS, Stylianos. Natural radioactivity distribution and gamma radiation exposure of beach sands from Sithonia Peninsula. Open Geosciences, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 229–242, 2014. DOI: 10.2478/s13533-012-0157-0. Acesso em: 18 jul. 2025.

[6] SOARES, J.; ORLANDO, M. T. D.; GOUVEA, S. A. Project “Monazite sands of Meaipe, Guarapari, ES”. Em: BLUCHER MATERIAL SCIENCE PROCEEDINGS 2019, Guarapari. Anais [...]. Em: 9o WORKSHOP DE CRISTALOGRAFIA APLICADA A CIÊNCIAS E ENGENHARIA DE MATERIAIS. Guarapari: Editora Blucher, 2019. p. 38–41. DOI: 10.5151/wcacem-22. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/30689>. Acesso em: 17 jul. 2025.

[7] VASCONCELOS, Danilo Chagas. Estudo da radioatividade natural em areias de praias do extremo sul da Bahia utilizando métodos de análises nucleares. [S. l.], 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MBAM-8CUPWM>. Acesso em: 18 jul. 2025.

[10] TEISSIERE, Luigi Leite [UNIFESP. Dosimetria ambiental de areia monazítica das praias do litoral norte de São Paulo. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/items/1c6ea6dd-f72d-47c5-a680-0edd9b971467>. Acesso em: 18 jul. 2025.

[11] CALHEIRO, D. S.; PASSAMAI JR., J. L.; ORLANDO, M. T. D. Estudo da Radiação na areia da praia da Areia Preta. In: VII Encontro Científico de Física Aplicada, 2016, Espírito Santo. Blucher Physics Proceedings, 2016. p. 149. DOI: 10.5151/phypro-vii-efa-035. Acesso em: 18 jul. 2025.