

ESTUDO DA COMPOSIÇÃO E DA RADIAÇÃO NATURAL EM GRANITOS E MÁRMORES

Isabela Casalatina Ramos¹, Jessica Fleury Curado²
^{1,2} Departamento de Física, Centro Universitário FEI
 unieiramos@fei.edu.br, jcurado@fei.edu.br

Resumo: Mármore e granitos são pedras amplamente utilizadas na construção civil. Este projeto propõe o estudo de 12 pedras distintas (figura 1), através das técnicas de Fluorescência de Raios X e de Espectrografia de Raios Gama, a fim de entender a composição química e a radiação natural das amostras permitindo a comparação entre elas.



Figura 1 – Amostras analisadas, posicionadas em ordem crescente da esquerda para direita e de cima para baixo.

1. Introdução

O mármore e o granito são pedras naturais e têm aplicações semelhantes nas construções, desde a fundação até a decoração de projetos arquitetônicos, além de serem utilizadas em diversos monumentos e obras de arte. Contudo, são muito diferentes quanto a suas propriedades. O mármore é composto majoritariamente por cálcio, por ser uma rocha metamórfica originada de calcário, já o granito, uma rocha ígnea solidificada, é constituído principalmente por silício e ferro [1].

Ambos os materiais são classificados como materiais *NORM* (Material Radioativo de Ocorrência Natural), devido à presença de radionuclídeos em suas composições, como potássio, urânio e tório, que decaem naturalmente e influenciam a radiação de fundo ambiental de um indivíduo, podendo ser significativa em uma exposição à longo prazo [2].

No Brasil, a extração de mármore e de granito é feita em praticamente todo o território, principalmente no estado do Espírito Santo. Não há um descarte correto dos resíduos das rochas, podendo causar impactos ambientais consideráveis, já que são compostos principalmente por silicatos (quartzo, plagioclásio, ortoclásio e mica) e carbonatos (calcitas e dolomita). Ambos os materiais são utilizados no setor da construção civil, sendo o mármore indicado para áreas secas internas e o granito para áreas molhadas e externas.

2. Metodologia

Para a determinação da composição das amostras foi aplicada a técnica de Fluorescência de raios X por Dispersão de Energia (*ED-XRF*), a qual capta as diversas intensidades dos raios X característico de cada elemento químico detectável da amostra quando devidamente excitados, que produzem transições entre as camadas eletrônicas, caracterizando o decaimento eletrônico, principalmente das camadas *K* e *L* [3]. O sistema utilizado é composto por um Mini Tubo de raios X portátil com tubo com ânodo de prata e um detector Si-drift, presentes na instituição. Os resultados foram analisados no programa *WinQxas*, sistema fornecido pela Agência Internacional de Energia Atômica (*IAEA*).

Para a técnica de Espectroscopia de Raios Gama utilizamos um detector cintilador de *Nal(Tl)*, com blindagem de chumbo e eletrônica específica. A técnica consiste na detecção de raios gama que são emitidos após o processo de decaimento radioativo natural do material. Após 24 horas, adquirimos dados de energia de raios gamas emitidos por radionuclídeos primordiais ⁴⁰K, ²³²Th, e ²³⁸U, os quais possibilitaram a obtenção dos gráficos através do software *GENIE 2000*, permitindo os cálculos de concentração, atividade e dose efetiva de cada amostra, comparando com os valores médios internacionais da ordem de 0,48 *mSv/ano* para a dose efetiva [4].

3. Resultados

Realizamos 3 medidas pontuais em cada amostra, como apresentado nas imagens abaixo. Através da técnica *XRF* foram detectados 30 elementos químicos. Alguns elementos identificados são comuns em quase todas as amostras: *Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn, Rb* e *Sr*.

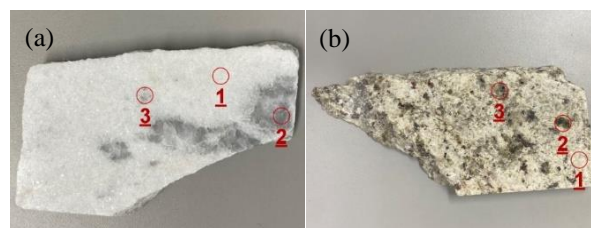


Figura 2 – (a) Pontos analisados na amostra Pedra 4. (b) Pontos analisados na amostra Pedra 8.

Para a realização das análises, as intensidades de cada pico foram obtidas através do *WinQxas* e trabalhadas no programa *Excel*. Uma das maneiras de observar e comparar as intensidades dos elementos presentes nas amostras é a utilização de gráfico de barras, conforme apresentado na figura 3.

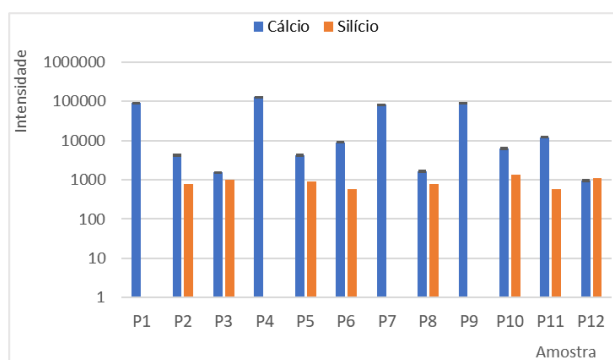


Figura 3 - Gráfico de barras (em escala logarítmica para melhor visualização dos dados) das intensidades obtidas para os elementos cálcio e silício nas amostras.

Ao analisarmos o gráfico de barras para os elementos silício e cálcio, podemos observar claramente a diferença nas pedras P1, P4, P7 e P9. Nessas amostras foram obtidas uma alta intensidade de cálcio quando comparadas com as demais amostras. Contudo, nessas mesmas pedras, não foi identificada a presença de silício, ou seja, elas correspondem à amostra do tipo mármore. Já as demais pedras (P2, P3, P5, P6, P8, P10, P11 e P12) correspondem ao material granito.

As mesmas amostras foram submetidas a uma análise de Espectroscopia de Raios Gama, pela qual é possível determinar a Atividade (Bq/kg) e a Dose Efetiva (mSv/ano) provenientes das amostras.

Tabela I - Valores de Atividade obtidos através de Espectroscopia de Raios Gama.

Amostra	Mineral	^{40}K (Bq/kg)	^{238}U (Bq/kg)	^{232}Th (Bq/kg)
Pedra 1	Mármore Prime	-	-	-
Pedra 2	Granito Corumbá	-	-	-
Pedra 3	Granito Sta Cecília	1819±235	20±4	69±6
Pedra 4	Mármore Carrara	-	7±4	-
Pedra 5	Granito Itaúna	1579±204	8±4	-
Pedra 6	Granito São Gabriel	733±96	24±5	96±7
Pedra 7	Mármore Travertino	-	-	-
Pedra 8	Granito Icarai	1614±209	-	67±6
Pedra 9	Mármore Prime	-	-	-
Pedra 10	Granito Ubatuba	1880±243	12±4	29±4
Pedra 11	Granito São Gabriel	635±83	9±4	50±5
Pedra 12	Granito Brasília	1816±235	46±6	217±14

A tabela I apresenta a Atividade obtida das amostras estudadas. Através desses resultados, é possível observar que as amostras de granito apresentam Atividade para os radionuclídeos de potássio, urânio e tório, o que não foi observada em nenhuma amostra de mármore. Entre os

granitos podemos destacar o Vermelho Brasília Pedra 12 que possui os maiores valores de Atividade deste estudo.

A figura 4 apresenta a dose efetiva total das amostras, ou seja, a soma das contribuições em dose de cada radionuclídeo primordial. Vale ressaltar que, segundo a UNSCEAR 2008, a média anual de dose efetiva para a radiação terrestre é entre 0,3 e 1,0 mSv/ano . Novamente, destacamos a Pedra 12, que extrapola a faixa da média de exposição para o ser humano à radiação gama terrestre.

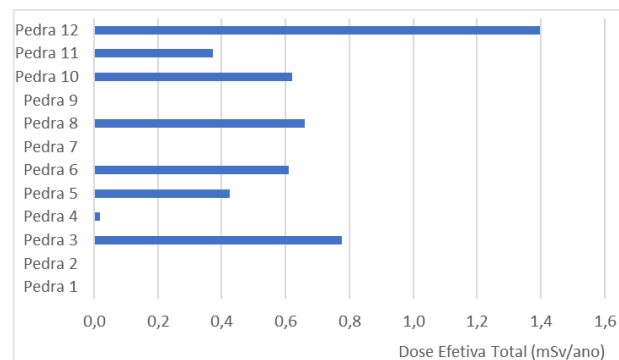


Figura 4 - Valores de Dose Efetiva Total para cada amostra estudada.

4. Conclusões

A técnica de Fluorescência de Raios X permitiu a identificação e a classificação das amostras entre mármore e granito. As amostras P1, P4, P7 e P9 obtiveram uma alta intensidade de cálcio podendo ser classificadas como mármore. Já as demais, possuem baixa intensidade de cálcio, porém alta intensidade de ferro e de silício, podendo ser classificadas como granito.

A técnica de Espectroscopia de Raios Gama permitiu identificar a presença de radionuclídeos nas amostras de granito com destaque para a amostra Granito Vermelho Brasília (Pedra 12), que possui uma Dose Efetiva Total acima do valor médio de exposição recomendado.

5. Referências

- [1] ZHANG, H. **Finishing Materials in Building Civil Engineering**. Woodhead Publishing, 2011.
- [2] WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Naturally Occurring Radioactive Material (NORM)**. 2020.
- [3] NASCIMENTO FILHO, V. **Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) e por reflexão total (TXRF)**. 1999. 24 f. Departamento de Ciências Exatas, Lab. De Instrumentação Nuclear/CENA, EXALQ, 1999.
- [4] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). **CNEN NN 3.01 – Diretrizes básicas de proteção radiológica**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2014.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pelo suporte técnico para a realização das medidas e ao CNPq pelo financiamento.

¹ Aluna de IC do Centro Universitário FEI (CNPq). Projeto com vigência de 09/2021 a 08/2022.