

# Experiências práticas na gestão e valorização de resíduos NORM. Estudo de caso da produção de óxido de titânio

Fernanda Yuri Muta e Barbara Paci Mazzilli  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

Em 2019, o Brasil produziu 145 milhões de toneladas de concentrado de titânio (equivalente a 90 milhões de toneladas de  $TiO_2$ ), correspondendo a 1,2% da produção mundial, classificando-se como o maior produtor da América Latina (Economia-Mineral-Brasileira-IBRAM-2020).

Urge a preocupação crescente com o destino dos resíduos produzidos por essa indústria, a geração desses resíduos sólidos não faz parte de uma proposta de reutilização ou reciclagem eficaz, a fim de agregar valor ao Ciclo de Vida  $TiO_2$ . Para minimizar o impacto ambiental da quantidade de MNR (minério não reagido) depositado, é necessário oferecer alternativas para o reuso seguro, transformando esse resíduo em um coproduto.

Uma delas é a utilização do resíduo MNR misturado na fabricação de materiais de construção. Entretanto, tal uso somente é possível se a concentração de atividade dos radionuclídeos do produto apresentar valores abaixo dos níveis de isenção e as doses nos indivíduos do público forem triviais (IAEA Management of NORM Residues, 2013).

## OBJETIVO

O presente trabalho visa avaliar as implicações radiológicas da utilização do resíduo da produção de  $TiO_2$  como componente de materiais de construção civil. Para tanto será determinada a concentração de atividade dos componentes do material de construção (blocos, argamassa, concreto, etc) e sua viabilidade para aplicação.

Assim, possibilitando o uso de um material de construção que reduza o consumo de matérias primas naturais, reaproveite um

resíduo industrial, reduza a emissão de gases estufa e, concomitantemente, apresente um desempenho igual ou superior ao do cimento atualmente empregado, com baixo custo de produção.

## METODOLOGIA

A concentração de Ra-226, Ra-228, Pb-210 e K-40 nas amostras de MNR, cal, areia e produtos finais com diferentes proporções do resíduo MNR foi determinada por espectrometria gama de alta resolução. Para a determinação da concentração de U-238 e Th-232 foi utilizada a técnica de análise por ativação com nêutrons.

As amostras, secas e peneiradas, foram transferidas para frascos de polietileno de 100 ml, pesadas, seladas e armazenadas por um período de 30 dias para que fosse atingido o equilíbrio radioativo entre os descendentes da série do U-238, especificamente o Ra-226 e seus produtos de decaimento de meia-vida curta. Após o período de armazenamento, as amostras foram medidas por 86000 segundos, em um detector de germânio hiperpuro (HPGe), da Canberra, modelo 747, de 25 % de eficiência relativa e resolução efetiva de 1.8 keV relativa de 1,33 MeV do  $^{60}Co$ , com eletrônica associada e acoplada a um microcomputador. Os espectros gamas obtidos foram analisados com o programa Interwinner 6.0 da Ortec.

Para a determinação do Ra-226, pressupondo-se o em equilíbrio radioativo, foram utilizados os descendentes Pb-214 e Bi-214. A concentração de Ra-226 não foi determinada diretamente por sua transição gama de 186,2 keV em virtude da baixa intensidade (3,29%) e interferência da transição gama de 185,7 keV emitida pelo U-235. Na série do tório, apenas o equilíbrio

entre o Th-232 e o Th-228 é essencial para determinação da concentração de Th-232, que foi determinada a partir das concentrações de seus descendentes Ac-228 e Pb-212. A concentração de K-40 foi determinada diretamente por meio da transição de 1460 keV.

A determinação de U-238 e Th-232 foi avaliada utilizando-se a técnica de análise por ativação neutrônica, que consiste na irradiação das amostras e materiais de referência certificados, em um fluxo de nêutrons de  $10^{12} \text{ n.cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , no reator nuclear de pesquisa IEA-R1 do IPEN e medir a atividade gama induzida em um detector de germânio hiper puro (HPGe).

## RESULTADOS

Na tabela 01 são apresentados os resultados de concentração de radionuclídeos naturais nas amostras de resíduo e materiais convencionais utilizados no preparo dos materiais de construção. Cada resultado representa a média de 5 determinações.

Tabela 01 – Concentração de atividade média de U-238, Ra-226, Pb-210, Th-232, Ra-228 e K-40 (Bq/kg).

AMOSTRA	<sup>238</sup> U	<sup>226</sup> Ra	<sup>210</sup> Pb	<sup>232</sup> Th	<sup>228</sup> Ra	<sup>40</sup> K
MNR	538 ±38	1103 ±49	960 ±92	400 ±19	2906 ±136	119 ±28
CAL	11,0 ±1,6	11,4 ±1,0	<11,0	2,1 ±0,3	<6,00	21,7 ±6,0
AREIA	<15,0	3,3 ±0,3	<7,00	5,5 ±3,4	2,9 ±0,5	24,0 ±4,0
CIMENTO	39,0 ±8,8	50,4 ±2,4	54 ±12	14,0 ±2,4	11,6 ±1,4	215 ±17

Após a blendagem, o produto foi submetido à caracterização em amostras de argamassa com diferentes proporções de MNR explicitados na Tabela 2.

TABELA 2 Concentração de atividade média de U-238, Ra-226, Pb-210, Th-232, Ra-228 e K-40 (Bq/kg) em amostras de argamassa contendo 5%, 10% e 15 % de MNR.

AMOSTRA	<sup>238</sup> U	<sup>226</sup> Ra	<sup>210</sup> Pb	<sup>232</sup> Th	<sup>228</sup> Ra	<sup>40</sup> K
5% MNR	17,0 ±4,5	19,0 ±1,6	15,0 ±3,7	12,2 ±3,11	26,8 ±2,05	10,6± 2,4
10% MNR	21,0 ±0,00	25,6 ±2,30	19,0 ±5,24	15,4 ±7,4	45,4 ±3,8	14,6± 6,8
15% MNR	23,6 ±4,6	33,0 ±1,9	24,4 ±4,04	18,0 ±5,3	65,6 ±5,5	16,0± 7,0

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se inicialmente a viabilidade da aplicação do resíduo MNR, visto que todas as composições das 3 misturas de diferentes concentrações de MNR apresentaram uma concentração menor do que 1 Bq/g. Entretanto, visando a proteção radiológica e para a gestão segura dos coprodutos é necessário que seja analisado o índice i, que avalia o nível de exposição da população exposta à radiação dentro da moradia construída com esses materiais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IAEA Management of NORM Residues (IAEA-TECDOC-1712), Vienna, 2013.

Economia-Mineral-Brasileira-IBRAM-2020, disponível em <https://portaldamineracao.com.br/wp-content/uploads/2021/03/Economia-Mineral-Brasileira-IBRAM-2020.pdf>

## APOIO FINANCEIRO

IPEN/CNEN e CNPq