

# 16 ANOS DE RESULTADOS DE DETERMINAÇÃO DE RADIONUCLÍDEOS EMISSORES GAMA NA ÁGUA DA PISCINA DO REATOR IEA-R1: UMA RETROSPECTIVA

*Marcelo Francis Máduar, Marcos Medrado de Alencar,  
Luiz Flávio Lopes Teixeira, Marcelo Bessa Nisti*

Centro de Metrologia das Radiações – IPEN-CNEN/SP  
Av. Professor Lineu Prestes, 2242  
05508-000 São Paulo – SP  
mmaduar@ipen.br

## RESUMO

A avaliação dos parâmetros técnicos na operação do Reator de Pesquisas IEA-R1, em particular as características físico-químicas da água da piscina do IEA-R1, é parte integrante das atividades coordenadas pelo CRPq (Centro do Reator de Pesquisas) do IPEN. O Serviço de Gestão de Radiometria Ambiental realiza desde meados de 2003 a análise rotineira por espectrometria gama em amostras

da água da piscina do IEA-R1. Os radionuclídeos usualmente detectados são: Ag-110m, Co-58, Co-60, Cr-51, I-131, Mn-54, Na-24, Np-239, Te-132, W-187 e Zn-65. Alguns nuclídeos são detectados raramente, como Cs-137, Ba-140/La-140 e Ru-103. O radionuclídeo que apresenta regularmente a maior atividade é Na-24, com concentrações na faixa de 100 a 150 kBq/L, corrigida para o horário de desligamento do IEA-R1. Outros apresentam radioatividade da ordem de  $10^2$  a  $10^3$  Bq/L (Ag-110m, Co-58, Co-60, Cr-51 e W-187) e os restantes, poucos Bq/L. A principal conclusão, ao longo do tempo, é que o tempo de espera após o desligamento e coleta das amostras é o fator fundamental na definição de quais radionuclídeos são e quais não são passíveis de quantificação radiométrica. As medidas realizadas entre cinco e sete dias após o desligamento do reator fornecem um compromisso ótimo na detecção de nuclídeos de meia-vida inferior a um dia e limites de detecção aceitáveis para nuclídeos de meia-vida superior a dez dias.

## 1. INTRODUÇÃO

O CRPq, como parte de seu programa de Garantia da Qualidade, coordena a avaliação dos parâmetros técnicos na operação do Reator de Pesquisas IEA-R1, e particularmente a determinação regular e rotineira de diversos parâmetros físico-químicos da água da piscina do IEA-R1. Nesse programa, o SEGRA (Serviço de Gestão de Radiometria Ambiental), como prestação de serviços internos ao IPEN realiza desde meados dos anos 1990 a análise rotineira por espectrometria gama em amostras de água da piscina do IEA-R1, coletadas e encaminhadas regularmente pelo CRPq.

Neste trabalho, são apresentados os resultados agregados das análises no período de 2003 a 2019 e é feita uma avaliação qualitativa das particularidades na detecção de radionuclídeos específicos.

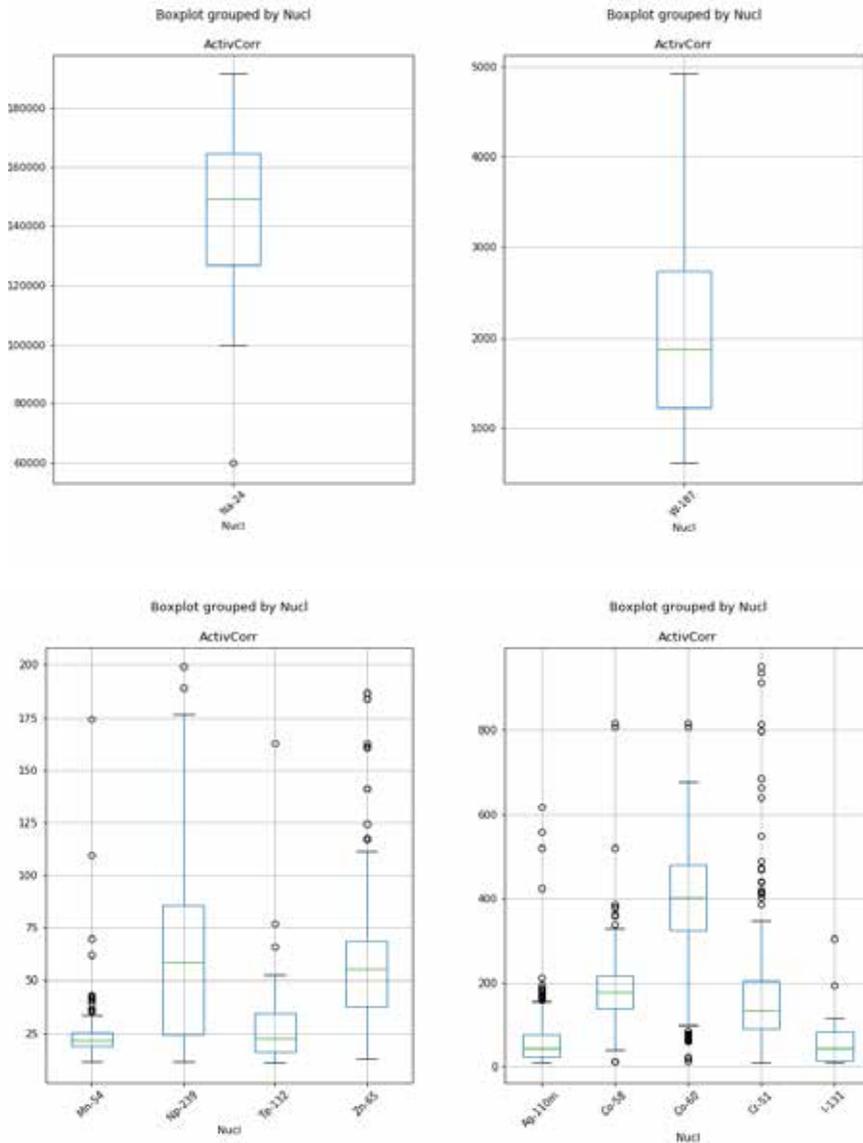
## 2. MÉTODOS

As amostras de água são semanalmente recebidas pelo Laboratório de Radiometria Ambiental (LRA/SEGRA/CMR) desde meados dos anos 1990, que realiza inicialmente o registro e guarda das amostras até o momento da medida. A preparação da amostra para a medida é feita pela homogeneização manual e transferência de um volume de 850 mL para um frasco de polietileno de secção retangular, que é uma geometria padronizada no laboratório.

O sistema de medida é composto de um detector de germânio de alta pureza (HPGe) marca Intertechnique de configuração horizontal, com eficiência relativa



**Figura 2** – Diagramas de caixa das concentrações dos radionuclídeos em Bq/L, entre 2003 e 2019.



## 4. DISCUSSÃO

Em virtude dos radionuclídeos gerados possuírem ampla faixa de meias-vidas e de concentrações típicas na água, medidas após dezenas de minutos da coleta mostram o predomínio da atividade de gases nobres radioativos, especialmente Ar-41, Kr-87, Kr-88 e Xe-133. Porém, devido à subida da linha base do espectro,

a consequente elevação dos limites de detecção dos outros nuclídeos presentes pode inviabilizar a quantificação destes últimos.

Por sua vez, tempos de medida superiores a oito dias já comprometem a determinação de radionuclídeos com meia-vida inferior a um dia, como Na-24 e W-187.

Na época em que essa rotina foi estabelecida um estudo preliminar permitiu definir o tempo ótimo de medida da amostra, considerando a eficiência geral do sistema de medida, a geometria da amostra preparada para medida e as concentrações experimentais dos vários radionuclídeos detectados. Assim, o tempo de medida útil (live time) foi estabelecido em 50.000 segundos.

## 5. CONCLUSÕES

A principal conclusão, ao longo do tempo, é que o tempo de espera após o desligamento e coleta das amostras é o fator fundamental na definição de quais radionuclídeos são e quais não são passíveis de quantificação radiométrica.

As análises rotineiras mostraram, ao longo dos anos, que as medidas realizadas entre cinco e sete dias após o desligamento do Reator fornecem um compromisso ótimo na detecção de nuclídeos de meia-vida inferior a um dia e limites de detecção aceitáveis para nuclídeos de meia-vida superior a dez dias. Assim, na atualidade as análises são realizadas preferencialmente neste intervalo de tempo de espera.

## AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos a toda a equipe da Radiometria Ambiental que colabora no processo de análises da água do IEA-R1 e à equipe do Centro do Reator de Pesquisas envolvida na amostragem e encaminhamento das amostras. E também a desenvolvedores de código aberto em Python, que oferecem poderosas ferramentas como NumPy [2] (biblioteca de análise numérica) e Pandas [3] (bancos de dados), indispensáveis na análise de dados agregados.

## REFERÊNCIAS

1. CANBERRA Inc. *Genie 2000 gamma analysis software*. 2005. Disponível em: [http://www.canberra.com/pdf/Products/SW\\_pdf/5gamma.pdf](http://www.canberra.com/pdf/Products/SW_pdf/5gamma.pdf).
2. OLIPHANT. T. E. *A guide to NumPy*. Trelgol Publishing: EUA, 2006.
3. MCKINNEY, W. Data Structures for Statistical Computing in Python. In: 9<sup>th</sup> PYTHON IN SCIENCE CONFERENCE. 2010. *Proceedings* [...], 2010. p. 51-56.

