

**Nº do Projeto: 2017 M CNEN 07**

**Título do Projeto: Metrologia das Radiações**

**Coordenação Geral: Linda V. E. Caldas**

A metrologia das radiações ionizantes compreende as atividades, neste caso de desenvolvimento de técnicas e materiais dosimétricos, técnicas de calibração de instrumentos, sistemas de referência em radiodiagnóstico, medicina nuclear, radioterapia e radioproteção, e metrologias em radiometria ambiental.

Os seguintes subprojetos compõem o presente projeto:

**1. Caracterização dosimétrica do BeO em feixes padrões de radiodiagnóstico**

**Coordenação: Linda V. E. Caldas**

No campo da medicina, a radiação ionizante é utilizada tanto para fins terapêuticos como para fins diagnósticos, abrangendo assim um grande intervalo de doses de diferentes tipos de radiações. Para certificar que a finalidade da prática esteja sendo alcançada, são necessários estudos detalhados de detectores e dispositivos que atendam aos diferentes tipos de radiações.

Neste trabalho será realizado um estudo das características dosimétricas de amostras de BeO em feixes padronizados de radiodiagnóstico convencional, mamografia e tomografia computadorizada, utilizando as técnicas de termoluminescência (TL) e luminescência opticamente estimulada (OSL).

Os principais resultados a serem obtidos são: sensibilidade à luz branca durante a irradiação, reprodutibilidade das respostas TL e OSL (coeficientes de variação deverão ser inferiores a 5%), parâmetros cinéticos correspondentes aos valores obtidos em todos os métodos testados, sem *fading* dentro do período estudado para ambas as técnicas. As características dosimétricas a serem obtidas neste trabalho deverão servir para se verificar a possibilidade de aplicação das amostras de BeO em dosimetria da radiação X, pelas técnicas de TL e OSL.

**2. Caracterização de dosímetros de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C para dosimetria de fótons utilizando a técnica OSL**

**Coordenação: Letícia Lucente C. Rodrigues**

Nesta etapa do projeto será realizada a caracterização da leitora da marca RISØ, modelo TL/OSL-DA-20 para dosimetria de feixes de fótons pela técnica OSL, utilizando os dosímetros de  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$  TLD-500 da marca Rexion. Diferentes parâmetros e ajustes da leitora serão avaliados.

Aproximadamente 45 dosímetros de  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$  TLD-500 da Rexion™ serão selecionados de acordo com sua repetibilidade e sensibilidade dentro de  $\pm 5\%$ . As pastilhas serão posicionadas entre placas de PMMA de  $90 \times 50 \times 3 \text{ mm}^3$  e irradiadas com 10 mGy utilizando uma fonte padrão de geometria  $4\pi$  de  $^{137}\text{Cs}$  (38,11 GBq em 17 de Abril de 2014) do Laboratório de Dosimetria Termoluminescente LDT/IPEN livre no ar e em condições de equilíbrio eletrônico, lidas e tratadas; repetindo o processo por três vezes. Com os resultados obtidos e analisados, as pastilhas serão selecionadas com valores de sensibilidade e repetibilidade melhores que  $\pm 5\%$  em relação à média.

Para caracterização dosimétrica, uma curva de resposta em função da dose será obtida utilizando um irradiador de  $^{60}\text{Co}$  do Laboratório de Calibração de Instrumentos LCI/IPEN (0,339 TBq em Setembro de 1999) no intervalo de doses de 30 mGy a 10 Gy, livre no ar e em condições de equilíbrio eletrônico.

As leituras OSL dos TLD-500 serão realizadas na leitora RISØ modelo TL/OSL-DA-20 equipada com tubo fotomultiplicador (PMT) bialkali EMI 9235QB. Será utilizado o modo de intensidade de iluminação constante (CW) por LED azul NICHIA tipo NSPB-500AS, com pico de emissão  $\sim 470 \text{ nm}$  e filtro Hoya U-340, 7.5 mm de espessura, 45 mm de diâmetro (Guide to RISØ, 2010). Para caracterização das melhores condições de leitura, parâmetros tais como tempo de estimulação, potência do arranjo de LEDs e tamanho da abertura de colimação serão variados.

O tratamento óptico para reutilização das amostras será determinado usando uma lâmpada Orolux® de 1,3 watts de potência, composta por 30 LEDs azuis.

### **3. Desenvolvimento de uma metodologia de calibração “IN SITU” de medidores de atividades.**

#### **Coordenação: Maria da Penha A. Potiens**

A medicina nuclear é uma especialidade da área médica no campo de imagiologia que envolve o uso de radionuclídeos para fins diagnósticos ou terapêuticos e difere-se de outras modalidades de imagem, pois possibilita avaliar a morfologia e a funcionalidade de inúmeros processos fisiológicos do sistema em estudo.

Para garantir que a dose aplicada ao paciente seja adequada, um serviço de medicina nuclear (SMN) precisa dispor de um equipamento de medição, ativímetro, que é utilizado para determinar a atividade dos fármacos marcados com radioisótopos emissores de raios gama e beta (radiofármacos). Além disso, a norma CNEN-NN-3.05, com sua última revisão no ano de 2013, exige que cada SMN tenha pelo menos um ativímetro além dos instrumentos para proteção radiológica.

Embora, esta norma estabeleça a necessidade de programas de controle de qualidade que devam ser aplicados aos ativímetros, ainda não existe, no Brasil, a obrigatoriedade de aplicação de um programa de calibração neste tipo de instrumento. A utilização de instrumentos não calibrados pode acrescentar incertezas nas suas medições.

No entanto, muitas vezes, os ativímetros em um SMN estão localizados dentro de celas quentes ou blindagens de difícil acesso ou manipulação, dificultando a sua retirada para encaminhamento a um Laboratório de Calibração. Portanto, o objetivo deste projeto é desenvolver uma metodologia de calibração *in situ* de ativímetros, que possa ser aplicada tanto no próprio setor de produção de radiofármacos do IPEN, como nos serviços de medicina nuclear. Esta metodologia deverá levar em conta todos os fatores que possam influenciar a resposta de um ativímetro, relativos à geometria, volume e posição do frasco dentro da câmara de poço. Esta metodologia será desenvolvida, inicialmente, para o radiofármaco mais aplicado clinicamente, que é o  $^{99m}\text{Tc}$ , pois consegue marcar um número muito grande de kits liofilizados.

#### **4. Avaliação de impacto radiológico ambiental**

##### **Coordenação: Barbara Paci Mazzilli**

Nas últimas décadas tem-se intensificado um amplo programa de pesquisa visando à avaliação da extensão das atividades de mineração com respeito à exposição potencial à radiação natural de trabalhadores e membros do público, devido à operação de mineradoras com urânio e tório associados ao bem minério principal. O aumento tecnológico da radiação natural (TENORM) é o resultado de uma ampla gama de atividades industriais que englobam, desde a produção de energia elétrica não nuclear, extração e refino de minérios, até a reciclagem de rejeitos industriais, como é o caso do fosfogesso, utilizado na construção civil e agricultura. As pesquisas realizadas, dentro desta linha de pesquisa, têm como finalidade estudar as mineradoras de fertilizantes fosfatados, visando a identificar o impacto radiológico ambiental decorrente desta prática e avaliar as implicações radiológicas da utilização do resíduo gerado, denominado fosfogesso, na agricultura e como material de construção de residências.

#### **5. Avaliação da radioatividade natural e artificial em rações comerciais para animais domésticos**

##### **Coordenação: Brigitte Roxana S. Pecequilo**

Os níveis de radioatividade natural do planeta e suas eventuais consequências são objeto de estudo da radioproteção ambiental. Nos últimos anos, as agências internacionais ligadas à proteção radiológica têm debatido as práticas até então estipuladas, no que diz respeito à proteção da fauna e flora, cuja filosofia acreditava que as recomendações sugeridas para a proteção do homem asseguravam que

outras espécies estariam também protegidas. Assim, são necessários estudos sobre as concentrações de atividade dos radionuclídeos dispersos no meio ambiente, assim como as doses absorvidas por organismos de diferentes ecossistemas, pela exposição interna e externa.

O Brasil possui a segunda maior população de cães e gatos do mundo e produz anualmente mais de 2 toneladas de rações. Este projeto investiga os níveis de radioatividade presentes em rações comerciais para cães e gatos, por meio da espectrometria gama de alta resolução.

Os resultados mostram concentrações abaixo do valor mínimo detectável para radionuclídeos artificiais como, por exemplo,  $^{134}\text{Cs}$  e  $^{137}\text{Cs}$  e baixas concentrações para radionuclídeos naturais, cujos valores variaram de 0,9 a 0,3 Bq/kg a 5,1 a 0,7 Bq/kg para o  $^{226}\text{Ra}$ , de 1,2 a 0,4 Bq/kg a 11,1 a 1,0 Bq/kg para o  $^{232}\text{Th}$  e de 156 a 7 Bq/kg a 410 a 19 Bq/kg para o  $^{40}\text{K}$ .

Para verificar a composição de alguns minerais, foi empregada a técnica por EDXRF e, utilizando estatística multivariada, foi possível verificar as correlações entre os radionuclídeos e o conteúdo mineral encontrado. A boa correlação que foi observada entre as concentrações de  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e cálcio, pode estar associada ao uso de farinhas de carne e ossos na fabricação das rações.

As doses internas para alguns órgãos foram inferidas pelo método de Monte Carlo, obtendo valores menores que  $1 \text{ } \mu\text{Gy} / \text{dia}$ . Em síntese, os resultados mostraram que os níveis de atividade encontrados nas rações são baixos o suficiente para concluir que as marcas de ração canina avaliadas não fornecem riscos radiológicos para os animais que as consomem.

## **6. Avaliação da concentração de $^{226}\text{Ra}$ , $^{228}\text{Ra}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{210}\text{Po}$ e caracterização química das águas minerais da cidade de Caxambu, MG.**

**Coordenação: Sandra Regina D. Moreira**

Arthur A. Meneghini e Sandra Regina Damatto

O aumento no consumo de água mineral e sua utilização com objetivo medicamentoso alertam a necessidade da caracterização dessas fontes de água, já que essa é parte vital da dieta humana. Nas águas minerais, além dos elementos químicos estáveis, responsáveis pela composição química, a presença de radionuclídeos naturais das séries de decaimento do  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$  e o  $^{40}\text{K}$  concedem à água a propriedade radioativa.

A incorporação desses radionuclídeos pela utilização destas águas para tratamentos de saúde, ou por ingestão é muito importante sob o ponto de vista de proteção radiológica, devido a radiação ionizante desses radionuclídeos serem prejudiciais à saúde. O Brasil abriga o maior parque de água mineral do mundo, "Parque das Águas de Caxambu", localizado na cidade de Caxambu, MG. Além das doze fontes de águas minerais existentes no parque, há também um gêiser de 60 metros de

profundidade e uma fonte localizada dentro do Hotel Glória, que fica em frente ao parque.

O objetivo desse projeto é avaliar as concentrações de atividade dos radionuclídeos  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  nas águas minerais coletadas na cidade de Caxambu, assim como estimar a dose efetiva comprometida devido ao consumo dessas águas. As maiores concentrações de atividades a serem determinadas são para os radionuclídeos  $^{228}\text{Ra}$  e  $^{226}\text{Ra}$ ; conseqüentemente são os que contribuem para a maior dose; as fontes de maior concentração de atividade e dose são D. Ernestina, Beleza e Venâncio.