

# Ressonância Paramagnética Eletrônica de Unhas Irradiadas: desafios para uma dosimetria em acidentes radiológicos.

Ricardo A. Giannoni<sup>1</sup>, Orlando Rodrigues Jr.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN-RJ); <sup>2</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP)

e-mail: giannoni@ird.gov.br

**Resumo:** A proposta deste trabalho é de caracterizar amostras de unhas humanas, submetidas à irradiação de altas doses, através da técnica de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE). O objetivo é estabelecer uma relação dose/resposta que permita avaliar níveis de dose absorvida por indivíduos expostos em situações de acidentes radiológicos, de forma retrospectiva. Amostras de unhas humanas foram coletadas e posteriormente irradiadas com radiação gama, e receberam dose de 20 Gy. As medidas de RPE realizadas nas amostras, antes da irradiação, identificaram sinais de RPE associados a defeitos causados pela ação mecânica do corte para obtenção da amostra, denominados de Sinal Mecanicamente Induzido (SMI). Após a irradiação, outras espécies de radicais livres, associados à ação da radiação gama, foram identificadas, denominados de Sinal Induzido pela Radiação (SIR).

**Palavras-chave:** Dosimetria; Espectroscopia de RPE; Acidente radiológico.

**Abstract:** The purpose of this work is to characterize samples of human nails exposed to high doses of radiation, applying the technique of Electron Paramagnetic Resonance (EPR). The objective is to establish a dose response study that allow determine the absorbed dose by exposed individuals in situations of radiological accidents, in a retrospective form. Samples of human nails were collected and afterward irradiated with gamma radiation, and received dose of 20 Gy. The EPR measurement performed on the samples, before irradiation, permitted the signal identification of the components associated with effects caused by the mechanical stress during the fingernail cutting, the so-called mechanically induced signal (MIS). After the irradiation, different species of free radicals were identified, the so-called radiation induced signal (RIS).

**Keywords:** Dosimetry; EPR spectroscopy; Radiological accident.

## 1. INTRODUÇÃO

Substâncias que apresentam paramagnetismo são aquelas que contêm elétrons cujos momentos magnéticos não estão cancelados, isto é, os átomos, íons, ou moléculas contêm

um número ímpar de elétrons, portanto, estão desemparelhados.

A Ressonância Paramagnética Eletrônica – RPE é uma técnica espectrométrica amplamente utilizada no campo da Dosimetria

das Radiações. A RPE permite a quantificação do número de elétrons desemparelhados formados em amostras irradiadas por campos de elétrons, raios X, radiação gama e nêutrons, sendo possível uma correlação do espectro obtido com a dose absorvida recebida pelo material.

A natureza não destrutiva da detecção de RPE permite o estudo de espécies armadilhadas em amostras biológicas, tais como ossos, dentes e cabelos. As amostras inorgânicas mais comuns são o  $\text{MgO:Mn}^{2+}$ , estalactites, estalagmites, corais, conchas, hidroxiapatita, minerais, quartzo e rubi. As orgânicas são os aminoácidos e os açúcares. O sistema alanina-RPE é reconhecido como um padrão secundário de dosimetria rotineira de doses altas, cobrindo um intervalo de doses de 1 até  $10^5\text{Gy}$ [1].

A técnica de RPE também pode ser aplicada em casos de acidentes radiológicos. Em situações de acidente o importante é avaliar rapidamente os níveis de dose absorvida pelos indivíduos expostos e permitir um rápido diagnóstico, além de elaborar métodos que serão empregados para determinação exata das contribuições dos diferentes tipos de radiação à dose absorvida. Neste contexto, a dosimetria retrospectiva de dose pode utilizar diversas técnicas incluindo a RPE de amostras retiradas do sítio do acidente.

Uma das dificuldades da aplicação desta técnica na estimativa das doses recebidas pelos seres humanos e a obtenção de amostras paramagnéticas como dentes ou tecidos ósseos. A obtenção desse tipo de amostra depende de procedimentos invasivos, além da posterior separação da matéria orgânica da estrutura da hidroxiapatita, seja do osso ou do dente. Uma alternativa viável é a obtenção de amostras de unhas humanas.

A proposta deste trabalho é de caracterizar amostras de unhas humanas submetidas à irradiação de altas doses através da técnica de RPE para estabelecer uma relação dose/resposta que permita avaliar níveis de dose absorvida por indivíduos expostos em

situações de acidentes radiológicos, de forma retrospectiva.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de unhas humanas, coletadas dos autores deste trabalho, foram irradiadas com radiação gama, e receberam dose de 20 Gy. Essas amostras foram medidas, antes e depois da irradiação, por espectrometria de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) de onda contínua (CW), em banda - X (~ 9,7 GHz), utilizando modulação de 100 kHz, na temperatura ambiente, em espectrômetro BRUKER modelo EMX. Todas as medidas foram efetuadas utilizando uma cavidade de ressonância de alta sensibilidade. As irradiações foram feitas em fonte de Co-60.

O espectro de RPE encontrado em unhas humanas é complexo e pode ser entendido como composto por três componentes principais[2]: Sinal Mecanicamente Induzido (SMI) decorrente da ação do corte mecânico para a retirada da amostra; Sinal Induzido pela Radiação (SIR) é devido à ação da radiação ionizante na estrutura da proteína fibrosa da unha denominada queratina e um sinal de fundo ou Background (BG) de origem desconhecida. Pode-se eliminar o sinal SMI, ou minimizá-lo, antes de irradiar a amostra tratando-a com água, de forma adequada.

## 3. DISCUSSÃO

As medidas de RPE realizadas nas amostras antes da irradiação identificaram radicais livres associados a defeitos causados pela ação mecânica na estrutura da unha, componente SMI.

Inicialmente identificamos nesse espectro uma componente principal em aproximadamente  $g = 2,004$ , correspondente ao SMI. A figura 1 mostra a medida da componente do sinal SMI.

O sinal SIR pode estar superposto ao sinal SMI. É necessária a caracterização de amostras antes e após irradiação, para obter conhecimento da intensidade, dependência temporal, e outros fatores como, por exemplo,

umidade que podem modificar as espécies geradas pelas interações nos sinais SMI e SIR.

O espectro medido após irradiação mostra uma componente principal em aproximadamente  $g = 2,003$ . A figura 2 mostra a alteração no sinal depois da irradiação e a presença de componente do sinal SIR.

Conforme a literatura [3,4], no intervalo entre 1 e 125 Gy a relação dose-resposta é linear. Optamos irradiar as amostras com a intensidade de 20 Gy como um teste inicial para o estabelecimento de um protocolo de medidas e identificação das componentes do sinal e obtivemos resultados positivos.

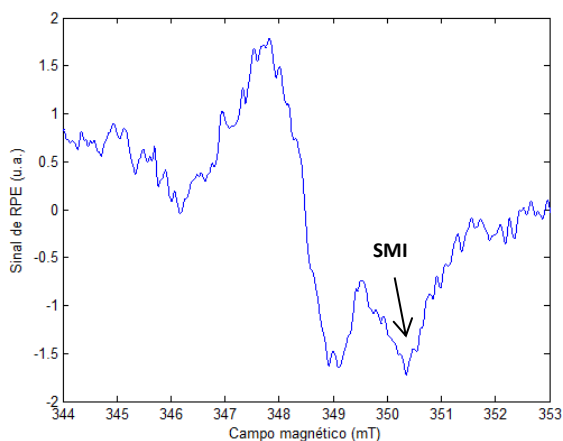


Figura 1. Sinal de RPE de origem SMI – antes da irradiação.

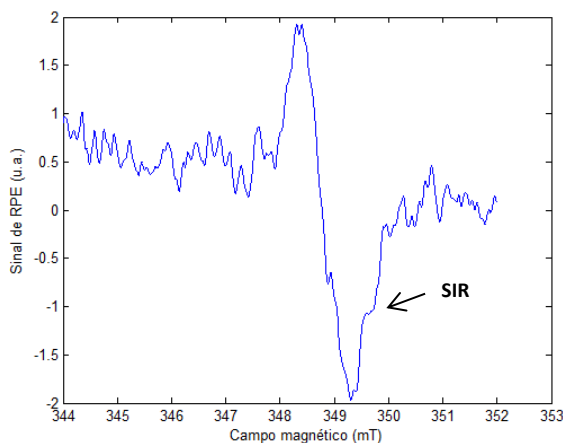


Figura 2. Sinal de RPE de origem SIR – após a irradiação de 20 Gy.

#### 4. CONCLUSÃO

Em amostras de unhas irradiadas, em condições ótimas é possível detectar um sinal de RPE a partir de 1 Gy.

Nosso atual estágio de conhecimento e de implementação da técnica requerem mais experimentos para atingir um estágio de validação, com a obtenção de uma curva dose-resposta que permita sua utilização em situações reais e sugira níveis mínimos de detecção. O trabalho segue em andamento para atingir esses objetivos.

#### REFERÊNCIAS

- 1 - Practice for use of the alanine - EPR dosimetry system. ISO/ASTM 51607:2004(E) – American National Standard. ([www.astm.org](http://www.astm.org)).
- 2 - Trompier, F., Kornak, L., Calas, C., Romanyukha, A., LeBlanc, B., Clairand, I., Mitchell, C.A., Swartz, H., 2007. Protocol for emergency EPR dosimetry in fingernails. *Radiat. Meas.* 42: 1085-1088, 2007.
- 3 - Trompier, F.; Romanyukha, A.; Kornak, L.; Calas, C.; LeBlanc, B.; Mitchell, C.; Swartz, H.; Clairand, I. Electron paramagnetic resonance radiation dosimetry in fingernails. *Radiation Measurements*, 44: 6-10, 2009.
- 4- Trompier, F.; Romanyukha, A.; Reyes, R.; Vezin, H.; Queinnec, F.; Gourier, D. State of the art in nail dosimetry: free radicals identification and reaction mechanisms. *Radiat. Environ. Biophys.* 53: 291-303, 2014.