

# INGESTÃO DE $^{210}\text{Pb}$ E $^{210}\text{Po}$ PELO CONSUMO DE PEIXES NO SISTEMA CANANÉIA-IGUAPE, SÃO PAULO, BRASIL

Roberto T. Saito<sup>1</sup>, Rubens C. L. Figueira<sup>2,3</sup>, Moyses G. Tessler<sup>2</sup> e Ieda I. L. Cunha<sup>1</sup>

- 1 - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP - CRPq  
Caixa Postal 11049 - CEP 05422-970 - Pinheiros - São Paulo - Brasil  
E-mail: hare\_roberto@yahoo.com.br
- 2 - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo - IO/USP
- 3 - Universidade Cruzeiro do Sul - CETEC/UNICSUL

## RESUMO

Neste trabalho foi estimada a ingestão de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pelo consumo de peixes, no Sistema Cananéia-Iguape, litoral sul do Estado de São Paulo. Após a dissolução da musculatura dos peixes (microondas) foram aplicados métodos radioquímicos para a análise de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$ . Para as detecções destes radionuclídeos foram utilizados detectores Geiger Muller e Espectrômetro alfa, respectivamente. As estimativas de ingestão individual de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pelo consumo de peixes estuarinos, de maior importância econômica, pela população do Sistema foram de 0,004 e 0,035 Bq.d<sup>-1</sup>, respectivamente. Embora os níveis de ingestão individual de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pela população obtidos neste trabalho estejam abaixo dos níveis recomendados é aconselhável um monitoramento periódico destes radionuclídeos em amostras estuarinas, especialmente, para os organismos que podem ser utilizados como bioindicadores de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$ , como os peixes.

Keywords: ecosystem estuarine, fish samples, individual ingestion,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ .

## I. INTRODUÇÃO

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape situa-se no litoral sul de Estado de São Paulo, com uma área de 200 km<sup>2</sup>. A região apresenta lagoas costeiras e características de estuário, sendo considerado um complexo estuarino-lagunar[1]. É um ecossistema bastante diversificado, de grande importância, sendo um grande criadouro de diversas espécies aquáticas, como os peixes.

Os seres vivos podem entrar em contato com os elementos radioativos sem que isso represente um risco ou uma contaminação em grande escala, pois alguns destes elementos são encontrados em quantidades muito pequenas na natureza. Porém, o contato ou ingestão destes elementos em maiores quantidades pode ocasionar uma série de problemas. O estudo e a monitoração dos elementos radioativos no meio ambiente são muito importantes para garantir o controle destes elementos em níveis aceitáveis, com o objetivo de não prejudicar o meio ambiente e, conseqüentemente, o ser humano.

Os radionuclídeos da série de decaimento do  $^{238}\text{U}$ , como  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$ , são elementos radioativos naturais e se encontram disseminados no ambiente em quantidades traços. Ambos podem ser transferidos do meio ambiente para o homem por meio da inalação,

ingestão de alimentos ou água. O consumo de alimentos é uma das principais vias de entrada dos radionuclídeos para o corpo humano[2, 3]. Os níveis de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  variam de acordo com o tipo de alimento consumido. Em geral, as concentrações de  $^{210}\text{Pb}$  são relativamente baixas em carne e derivados do leite, média em vegetais e cereais e muito altas na maioria dos organismos marinhos[2].

As comunidades humanas ao redor do mundo, que vivem próximas às regiões costeiras, costumam consumir grande quantidade de alimentos provenientes dos mares e oceanos. No Brasil, o consumo de alimentos de origem marinha não é muito grande, cerca de 6 kg.a<sup>-1</sup>[4]. Entretanto, as comunidades humanas, que vivem dentro do Sistema Cananéia-Iguape, apresentam uma dieta alimentar constituída por muitos alimentos provenientes da pesca nos canais da região.

Estimar os níveis destes radionuclídeos e a ingestão de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pelo consumo de alimentos é importante, principalmente em populações que ingerem alimentos de origem marinha. Além disso, existem poucos estudos sobre a ingestão de elementos radioativos em alimentos consumidos pela população brasileira[5 - 7].

Desta forma, este trabalho teve o objetivo de estimar a ingestão de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pelo consumo de peixes no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo.

## II. METODOLOGIA

**Coleta das amostras.** Na captura dos peixes foram utilizados diversos tipos de técnicas e equipamentos, com o objetivo de permitir uma amostragem mais significativa das espécies que ocorrem nas águas deste importante sistema. Os organismos foram capturados em alguns pontos do Sistema Costeiro: Mar de Cananéia; Baía de Trapandé; Canal do Ararapira; Valo Grande; Mar Pequeno.

Além do aspecto ecológico, as coletas também consideraram a importância econômica dos peixes para a população local, através da atividade pesqueira ou consumo. Os principais organismos marinhos explorados na região são os peixes, moluscos e crustáceos.

Os peixes foram capturados por meio de várias técnicas, como vara e molinete, rede de arrasto de fundo, rede de espera, picaré, tarrafa e cerco-fixo de bambu. Os animais foram triados, identificados, acondicionados em sacos plásticos e congelados até a análise, em laboratório.

**Dissolução das amostras.** A musculatura é a parte comestível mais consumida pela população humana, portanto, este foi o tecido animal utilizado para as análises.

As amostras de peixes foram descongeladas e limpas. A musculatura (50 a 100 g) foi dissolvida com soluções de ácido nítrico e água oxigenada em sistema de digestor por microondas (sistema aberto). Em seguida, foram aplicados métodos radioquímicos para a análise de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$ [8].

**Deteção.** Para a determinação de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  foram utilizados detectores Geiger-Muller e espectrômetro alfa (EG&G ORTEC, modelo 576<sup>A</sup>, detector de silício com barreira de superfície), com baixo nível de radiação de fundo e boa eficiência de contagem para estes radionuclídeos.

**Atividade dos radionuclídeos.** A atividade do  $^{210}\text{Pb}$  foi determinada após 15 dias pela medida da emissão das partículas beta do seu filho  $^{210}\text{Bi}$ , que cresceu no precipitado de  $\text{PbSO}_4$  (Equação 1)[8],

$$A = \frac{C - Br}{60 \times r \times e \times m \times (1 - e^{-\lambda t})} \quad (1)$$

em que:

A = Atividade do  $^{210}\text{Bi} = ^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ );

C = Taxa de contagem da amostra (cpm);

Br = Taxa de contagem da radiação de fundo (cpm);

r = Rendimento de recuperação para o chumbo (método gravimétrico);

$\epsilon$  = Eficiência de contagem detector para o  $^{210}\text{Bi}$  (24%);

m = Massa de amostra analisada (kg);

$\lambda$  = Constante de decaimento do  $^{210}\text{Bi}$  ( $0,1383.\text{dias}^{-1}$ );

t = Tempo decorrido entre a precipitação do  $\text{PbSO}_4$  e a data de contagem (dias).

A atividade de  $^{210}\text{Po}$  foi calculada com a Equação 2[8],

$$A = \frac{C - Br}{r \times e \times m} \quad (2)$$

em que:

A = Atividade do  $^{210}\text{Po}$  ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ );

C = Taxa de contagem da amostra (cps);

Br = Taxa de contagem da radiação de fundo (cps);

r = Rendimento de recuperação do polônio (através do traçador de  $^{208}\text{Po}$ );

$\epsilon$  = Eficiência de contagem do detector alfa (31%);

m = Massa de amostra analisada (kg);

**Estimativa de ingestão de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$ .** Para o cálculo da estimativa de ingestão de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pela população humana do Sistema Cananéia-Iguape pelo consumo de peixes do estuário foi utilizado o mesmo critério adotado por YAMAMOTO *et al*[9]. O nível de ingestão ( $\text{Bq.ano}^{-1}$ ) para cada espécie analisada foi calculado multiplicando-se o consumo anual “*per capita*” pela atividade ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ ) apresentada pela espécie. Nestes valores foram descontados as partes não comestíveis dos organismos[9].

## III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a estimativa de ingestão de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pela população do Sistema Cananéia-Iguape estão expressos na Tabela 1. Os dados desta tabela mostram que a estimativa de ingestão individual de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pelo consumo de organismos estuarinos, de maior importância econômica, pela população humana do Sistema Cananéia-Iguape foi de 0,004 a 0,035  $\text{Bq.d}^{-1}$ , respectivamente.

O ICRP-61[10] recomenda um LIA (Limite de Incorporação Anual) para  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  por ingestão de alimentos de  $2 \times 10^4$  Bq e  $9 \times 10^4$  Bq, respectivamente. Neste trabalho foram estimados valores abaixo deste limite ( $5,1 \times 10^2$  e  $6,1 \times 10^3$  Bq, respectivamente).

Os níveis de dose anual equivalente para a população de Cananéia pelo consumo de organismos marinhos foram concordantes com outras populações.

CARVALHO[11] observou níveis de ingestão diária de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pelo consumo de alimentos marinhos, pela população portuguesa, de 0,049 e 0,855 Bq, respectivamente. Este autor verificou também que, embora o consumo de alimentos de origem marinha represente apenas 5% da dieta, estes alimentos contribuem com cerca de 70% e 10% da entrada diária de  $^{210}\text{Po}$  e  $^{210}\text{Pb}$ , respectivamente, no corpo humano.

RADHAKRISHNA *et al.*[12] obtiveram níveis de ingestão diária para  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  no Sul da Índia, pelo consumo de peixes, de 0,105 Bq e 0,20 Bq, respectivamente. YAMAMOTO *et al.*[9] encontraram níveis de ingestão diária de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pelo consumo de organismos marinhos, na população japonesa, variando entre 0,042 a 0,022 Bq e 0,69 a 0,48 Bq, respectivamente. YU & MAO[13] obtiveram um valor mais baixo para ingestão diária de  $^{210}\text{Pb}$  somente pelo consumo de peixes, cerca de 0,0023 Bq, em Hong Kong.

Segundo o relatório do UNSCEAR[14] a ingestão de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pelas populações humanas que consomem grandes quantidades de alimentos de origem

marinha normalmente é bem maior do que as populações que utilizam outros tipos de alimentos. Ingestões mais elevadas destes radionuclídeos são observadas apenas em populações próximas ao Ártico, que consomem carnes de renas e caribus. Estes indivíduos apresentam níveis de ingestão diária de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  de 0,38 Bq e 3,83 Bq, respectivamente.

Embora os níveis de ingestão individual de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  pela população obtidas neste trabalho estejam abaixo dos níveis recomendados é aconselhável um monitoramento periódico destes radionuclídeos em amostras estuarinas, especialmente, para os peixes, que são bons bioindicadores para  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$ .

TABELA 1. Estimativa da Ingestão Diária Individual de  $^{210}\text{Pb}$  pelo Consumo de Peixes do Sistema.

PEIXES	Consumo anual (kg.a <sup>-1</sup> )*	Parte comestível (%)	$^{210}\text{Pb}$		$^{210}\text{Po}$	
			Nível (Bq.kg <sup>-1</sup> )	Ingestão diária (10 <sup>-2</sup> Bq)	Nível (Bq.kg <sup>-1</sup> )	Ingestão diária (10 <sup>-2</sup> Bq)
Badejo	0,85.10 <sup>-2</sup>	60	MDC	-----	0,15	0,08
Betara	15,08.10 <sup>-2</sup>	60	0,23	2,08	3,68	33,30
Carapeba	2,35.10 <sup>-2</sup>	60	0,36	0,51	4,26	6,01
Corvina	39,99.10 <sup>-2</sup>	60	0,77	18,48	2,87	68,86
Linguado	1,06.10 <sup>-2</sup>	60	1,34	0,85	5,61	3,58
Manjuba	447,56.10 <sup>-2</sup>	60	0,33	88,62	2,73	733,10
Parati	72,89.10 <sup>-2</sup>	60	MDC	-----	4,23	184,99
Paru	42,92.10 <sup>-2</sup>	60	0,27	6,95	1,56	40,17
Pescada amarela	2,93.10 <sup>-2</sup>	60	0,71	1,25	2,15	3,78
Pescada branca	10,19.10 <sup>-2</sup>	60	0,62	3,79	3,01	18,40
Pescada olhuda	32,78.10 <sup>-2</sup>	60	0,22	4,33	1,56	30,68
Robalo**	5,68.10 <sup>-2</sup>	60	MDC	-----	0,69*	2,35
Salteira	12,62.10 <sup>-2</sup>	60	0,17	1,29	1,32	10,00
Sardinha bandeira	6,21.10 <sup>-2</sup>	60	1,01	3,76	7,76	28,91
Sororoca	12,70.10 <sup>-2</sup>	60	1,31	9,98	7,32	55,78
Tainha	23,47.10 <sup>-2</sup>	60	0,38	5,35	3,12	43,94
Total	7,29			147,24 x 10 <sup>-2</sup> (Bq/a)		1263,93 x 10 <sup>-2</sup> (Bq/a)
Bq/d				0,004 Bq/d		0,035 Bq/d

\* Consumo anual individual;

\*\* Robalo peva e robalo flecha = media das atividades para as duas espécies.

População total (Iguape, Cananéia e Ilha Comprida) = 39.077 habitantes.

#### IV. CONCLUSÃO

Os níveis de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  obtidos neste trabalho permitiram estimar a ingestão diária individual destes radionuclídeos pelo consumo de alguns peixes do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. Os valores foram baixos e concordantes com outras regiões do mundo, entretanto, é aconselhável um monitoramento periódico destes radionuclídeos em amostras estuarinas.

#### AGRADECIMENTOS

À FAPESP e ao CNPq pelo apoio financeiro, ao Instituto Oceanográfico da USP pelo uso da Base

Sul/Cananéia-SP e auxílio nas coleta das amostras, e à UNICSUL pelo auxílio para a confecção e apresentação do trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- [1] TUNDISI, J. G. **Produção primária “standing-stock” e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia.** São Paulo, 1969. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo.
- [2] PARFENOV, Y. D. **Polonium-210 in the environment and in the human organism.** At. Energy Rev., 12: 75-143, 1974.
- [3] YAMAMOTO, M.; ABE, T.; KUWABARA, J.; KOMURA, K.; UENO, K.; TAKIZAWA, Y.

**Polonium-210 and Lead-210 in marine organisms: intake level for Japanese.** J. Radioanal. Nucl. Chem., 178(1): 81-90, 1994.

[4] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Anuário Estatístico**, 1990.

[5] SAITO, R. T.; CUNHA, I. I. L. **Determination of  $^{210}\text{Po}$  in marine samples.** J. Radioanal. Nucl. Chem., 220(1): 117-119, 1997.

[6] AMARAL, E.C.S.; CARVALHO, Z.L.; GODOY, J.M. **Transfer of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{210}\text{Pb}$  to forage and milk in a Brazilian high natural radioactivity region.** Radiat. Prot. Dosimetry, 24(1/4): 119-121, 1988.

[7] CUNHA, I. I. L.; MUNITA, C. S.; PAIVA, R. P.; TEIXEIRA, A. **Levels of Cs-137 in seawater and fish from the Brazilian coast.** Sci. Tot. Environ., 139(140): 431-435, 1993.

[8] SAITO, R. T. **Determinação de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  em amostras marinhas e aerossóis.** São Paulo: 1996. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo.

[9] YAMAMOTO, M.; ABE, T.; KUWABARA, J.; KOMURA, K.; UENO, K.; TAKIZAWA, Y. **Polonium-210 and Lead-210 in marine organisms: intake level for Japanese.** J. Radioanal. Nucl. Chem., v. 178, n. 1, p. 81-90, 1994.

[10] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION –ICRP 1991 **Recommendations of the International commission on Radiological Protection.** Pergamon Press, 11/1990 (ICRP-61).

[11] CARVALHO, F. P.  **$^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  intake by the Portuguese population: the contribution of seafood in the dietary intake of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$ .** Health Physics. 69(4): 469-480, 1995.

[12] RADHAKRISHNA, A. P.; SOMASHEKARAPPA, H. M.; NARAYANA, Y.; SIDDAPPA, K. **Distribution of some natural and artificial radionuclides in Mangalore environment of South India.** J. Environ. Radioactivity, v. 30, n. 1, p. 31-54, 1996.

[13] YU, K. N.; MAO, S. Y. **Assessment of radionuclide contents in food in Hong Kong.** Health Physics. v. 77, n. 6, p. 686-696, 1999.

[14] UNSCEAR (1982) UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR) **Sources and Effects of Ionizing Radiation** United Nations Report, New York, USA, 1982.

System were of 0.004 and 0.035 Bq.d<sup>-1</sup>, respectively. Although, the levels of individual ingestion of these radionuclides obtained in this work are below the recommended levels it is advisable a periodic monitoring of these radionuclides in estuarine samples, especially, for the organisms such as fish that can be used as bio-indicators of  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}$ .

## ABSTRACT

In this work the ingestion of  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}$  in the Cananeia-Iguape System, coast south of the Sao Paulo State was estimated. After the dissolution of the fish muscle (by microwave) radiochemical methods were applied for the analysis of those radionuclides.  $^{210}\text{Pb}$  was detected by using a Geiger-Muller detector while  $^{210}\text{Po}$  by alpha spectrometry. The estimates of individual ingestion of  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}$  for the fish of higher economical importance for the population of the