

ANÁLISE DE ^{210}Pb E ^{137}Cs EM DIETAS DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS

Roberto T. Saito¹, Ieda I. L. Cunha¹, Vera A. Maihara¹, Déborah I. T. Fávaro¹, Silvia M. F. Cozzolino²

1 – IPEN/CNEN-SP, Supervisão de Radioquímica
Caixa Postal 11049 - CEP 05422-970 - São Paulo - Brasil
e-mail:biologia@curiango.ipen.br

2 – Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP

RESUMO

Neste trabalho foram realizadas análises de ^{210}Pb e ^{137}Cs , por espectrometria gama, em amostras de dietas de estudantes da Universidade de São Paulo (rapazes de 19 a 25 anos). Estas dietas foram amostradas utilizando a metodologia da porção em duplicata, que consistiu em coletar todas as porções de alimentos e bebidas consumidos pelos estudantes em três dias da semana. Os níveis de ^{210}Pb e ^{137}Cs nas dietas variaram de Concentração Mínima Detectável ($\text{CMD}_{\text{Pb-210}} = 0,43 \text{ Bq.kg}^{-1}$) a $1,68 \text{ Bq.kg}^{-1}$ e Concentração Mínima Detectável ($\text{CMD}_{\text{Cs-137}} = 0,17 \text{ Bq.kg}^{-1}$) a $0,95 \text{ Bq.kg}^{-1}$, respectivamente. Com estes valores foram estimadas a ingestão diária destes radionuclídeos pelos estudantes universitários, com níveis variando de 78 a 309 mBq.d^{-1} , para ^{210}Pb , e de 53 a 157 mBq.d^{-1} , para ^{137}Cs , nas diversas dietas analisadas. Os dados obtidos para ^{210}Pb e ^{137}Cs nas análises das dietas foram concordantes com os resultados obtidos em outras regiões do mundo.

I. INTRODUÇÃO

Alguns radionuclídeos, como ^{210}Pb e ^{137}Cs , apresentam alta radiotoxidez e encontram-se disseminados no ambiente em quantidades traços. ^{210}Pb é um elemento radioativo natural pertencente a série de decaimento do ^{238}U . Além dos radionuclídeos naturais, passaram a ser lançados no ambiente de forma significativa, a partir dos anos 50, os radionuclídeos artificiais, como o ^{137}Cs , provenientes de inúmeros testes de bombas termonucleares realizados pelos países detentores da tecnologia para produção destes artefatos, do fallout atmosférico, acidentes nucleares e descargas de usinas nucleares e de reprocessamento^[1].

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}Pb e ^{137}Cs variam de acordo com o tipo de alimento consumido. Em geral, as concentrações de ^{210}Pb são relativamente baixas em carne e derivados do leite, média em vegetais e cereais e muito altas na maioria dos organismos marinhos^[2].

Os diferentes hábitos alimentares das populações humanas, consumindo alimentos diferentes, permitem que ocorra uma ingestão diária diferencial de ^{210}Pb e ^{137}Cs , contribuindo para o aumento da dose de radiação interna nos seres humanos. Portanto, monitorar os níveis destes radionuclídeos nas dietas humanas, assim como a dose proveniente destes radionuclídeos pelo consumo destes alimentos são importantes para a manutenção da saúde da população, pois estes elementos tendem a se incorporar ao corpo humano, principalmente nos ossos.

Além disso, existem poucos estudos sobre a presença desses elementos radioativos em organismos ou alimentos que podem ser consumidos pela população brasileira^[4, 5, 6].

Desta forma, este trabalho teve o objetivo de determinar os níveis de ^{210}Pb e ^{137}Cs , por espectrometria gama, em amostras de dietas de estudantes universitários, e estimar a ingestão diária destes radionuclídeos pelas dietas.

Os estudos nas diversas dietas consumidas por alguns grupos da população brasileira têm sido realizados em conjunto entre pesquisadores do IPEN (Supervisão de Radioquímica) e da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, utilizando-se uma metodologia de análise mais sensível como a análise da porção em duplicata, que é um método bastante adequado porque analisa os alimentos realmente consumidos por um indivíduo, embora os dados se restrinjam a um pequeno grupo ou população, geralmente selecionado em instituições como universidades, hospitais e creches. Dentre esses grupos, já foram realizados estudos com crianças em idade pré-escolar, idosos^[7, 8], em diferentes dietas regionais^[9], entre outros.

II. METODOLOGIA

1. População em estudo: O trabalho foi realizado com estudantes universitários, com idades entre 19 e 25 anos, de vários cursos de graduação e pós-graduação da Universidade de São Paulo (USP).

2. Coleta das dietas: Foi adotada a técnica da porção em duplicata: Foram fornecidos aos estudantes potes de plásticos devidamente limpos, por meio de detergente neutro (optou-se por não desmineralizá-los, uma vez que durante as refeições, os pratos e talheres são higienizados desta forma), para que os alimentos e as preparações fossem conservadas em potes separados, em quantidades e porções semelhantes às consumidas durante as refeições dos dias de coleta.

Posteriormente, as dietas foram pesadas, individualmente, em balança analítica, separadas por dia de coleta e, em seguida trituradas em processador de plástico e liofilizadas em liofilizador (FIS System, Inc, tipo Freeze Dryor), em torno de 3 a 4 dias.

3. Preparo das amostras para detecção: As amostras foram secas em estufa a 50° C e acondicionadas em recipientes plásticos, com 5,0 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura, apropriados à detecção. Cada material foi colocado até 1,5 cm de altura.

4. Detecção: Para a determinação de ^{210}Pb e ^{137}Cs , foi utilizado um detetor de germânio hiperpuro (tipo GMX 25190P - EG&G ORTEC), sensível à radiação gama de baixa energia, com baixo nível de radiação de fundo e boa eficiência de contagem para estes radionuclídeos. Nas detecções dos radionuclídeos da amostra foi utilizado um comando introduzido no programa MAESTRO II^[10].

5. Atividade do radionuclídeo: Para os cálculos das atividades de ^{210}Pb e ^{137}Cs por espectrometria gama foi utilizada a Equação 1:

$$(A_R \pm s) = \frac{(C_R \pm s) - (C_{Br} \pm s)}{m_R \times t \times p_g \times (e_R \pm s)} \quad (1)$$

sendo:

A_R = atividade do radionuclídeo (Bq.kg^{-1}).

C_R = taxa de contagem do radionuclídeo (cps).

C_{Br} = taxa de contagem do branco (cps).

t = tempo de detecção (s).

m = massa do material (kg).

p_γ = probabilidade de emissão de raios gama pelo radionuclídeo.

ϵ_R = eficiência de detecção do detetor para o radionuclídeo.

6. Concentração mínima detectável (CMD): A concentração mínima detectável foi feita a partir da taxa de contagem de uma amostra branco (recipiente plástico sem material). A CMD corresponde a atividade que possui um grau de confiança de 95% da sua presença, considerando a massa da amostra e o tempo de detecção. A CMD foi calculada pela equação 2^[11]:

$$\text{CMD} = \frac{4,66 \cdot \sigma_B}{t \cdot m} \quad (2)$$

sendo,

CMD = concentração mínima detectável (Bq.kg^{-1}).

σ_B = desvio do padrão da taxa de contagem para o branco.

t = tempo de contagem (s).

m = massa da amostra (kg).

A concentração mínima detectável obtida para ^{210}Pb foi de $0,43 \text{ Bq.kg}^{-1}$ e de $0,17 \text{ Bq.kg}^{-1}$, para ^{137}Cs .

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises de ^{210}Pb e ^{137}Cs , por espectrometria gama, nas diversas amostras de dieta de 9 estudantes universitários estão expressos nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Níveis de ^{210}Pb em dietas de 9 estudantes universitários.

Estudante	Dieta	Atividade (Bq.kg^{-1})*
IM	IM-1	$0,59 \pm 0,06$
	IM-2	CMD
	IM-3	$0,76 \pm 0,08$
JC	JC-1	$0,67 \pm 0,07$
	JC-2	$1,03 \pm 0,10$
	JC-3	$0,45 \pm 0,04$
EA	EA-1	$0,72 \pm 0,08$
	EA-2	$0,52 \pm 0,05$
	EA-3	$0,64 \pm 0,06$
ES	ES-1	$0,65 \pm 0,06$
	ES-2	CMD
	ES-3	$0,68 \pm 0,05$
IR	IR-1	$0,85 \pm 0,08$
	IR-2	$0,45 \pm 0,05$
	IR-3	$0,48 \pm 0,05$
RC	RC-1	$0,45 \pm 0,05$
	RC-2	$0,53 \pm 0,05$
	RC-3	$0,51 \pm 0,05$
RZ	RZ-1	$0,44 \pm 0,05$
	RZ-2	CMD
	RZ-3	$0,48 \pm 0,05$
TO	TO-1	$0,55 \pm 0,05$
	TO-2	$0,61 \pm 0,06$
	TO-3	$0,45 \pm 0,05$
LJ	LJ-1	CMD
	LJ-2	$0,88 \pm 0,08$
	LJ-3	$0,76 \pm 0,09$

* Peso seco; $\text{CMD}_{\text{Pb-210}} = 0,43 \text{ Bq.kg}^{-1}$.

Tabela 2 – Níveis de ^{137}Cs em dietas de 9 estudantes universitários.

Estudante	Dieta	Atividade (Bq.kg^{-1})*
IM	IM-1	$0,37 \pm 0,04$
	IM-2	$0,19 \pm 0,01$
	IM-3	$0,27 \pm 0,03$
JC	JC-1	$0,33 \pm 0,03$
	JC-2	$0,87 \pm 0,08$
	JC-3	CMD
EA	EA-1	$0,42 \pm 0,03$
	EA-2	$0,29 \pm 0,02$
	EA-3	$0,27 \pm 0,02$
ES	ES-1	$0,52 \pm 0,07$
	ES-2	$0,22 \pm 0,03$
	ES-3	$0,26 \pm 0,03$
IR	IR-1	$0,32 \pm 0,04$
	IR-2	$0,29 \pm 0,03$
	IR-3	$0,20 \pm 0,02$
RC	RC-1	$0,32 \pm 0,03$
	RC-2	$0,42 \pm 0,04$
	RC-3	$0,20 \pm 0,02$
RZ	RZ-1	CMD
	RZ-2	$0,20 \pm 0,02$
	RZ-3	$0,26 \pm 0,03$
TO	TO-1	$0,21 \pm 0,02$
	TO-2	$0,23 \pm 0,03$
	TO-3	CMD
LJ	LJ-1	$0,19 \pm 0,02$
	LJ-2	$0,37 \pm 0,03$
	LJ-3	$0,26 \pm 0,02$

* Peso seco; $\text{CMD}_{\text{Cs-137}} = 0,17 \text{ Bq.kg}^{-1}$.

Os resultados das Tabelas 1 e 2 mostram que os níveis de ^{210}Pb e ^{137}Cs variaram de CMD a $1,68 \text{ Bq.kg}^{-1}$ e CMD a $0,95 \text{ Bq.kg}^{-1}$, respectivamente, nas diversas dietas analisadas.

Com estes valores foram estimadas a ingestão diária de ^{210}Pb e ^{137}Cs pelos estudantes universitários através do consumo das dietas (Tabela 3).

Os resultados da Tabela 3 mostram que a ingestão de ^{210}Pb e ^{137}Cs pelos estudantes universitários variaram de 78 a 309 mBq.d^{-1} (média de 235 Bq.d^{-1}) e 53 a 174 mBq.d^{-1} (média de 124 mBq.d^{-1}), respectivamente. Os níveis mais altos para os dois radionuclídeos foram obtidos na dieta EA-2, que apresenta massa total maior que 2 kg.

Os valores para a ingestão diária de ^{210}Pb foram concordantes com os obtidos em outras regiões do mundo, onde foram observados valores variando de 67 a 833 mBq.d^{-1} [12, 13, 14]. Sendo que os níveis mais altos estão relacionados ao grande consumo de alimentos de origem marinha, como moluscos, crustáceos, peixes e algas.

Para ^{137}Cs , os níveis de ingestão foram concordantes com os valores observados em locais

distantes da Ucrânia, ou seja, cerca de 100 mBq.d^{-1} . Na Europa, a ingestão diária de ^{137}Cs aumentou após o acidente de Chernobyl. No final dos anos 90 foram observadas ingestão diária de ^{137}Cs variando de $3,42$ a $20,1 \text{ Bq.d}^{-1}$, na Polônia, Croácia e Finlândia. Atualmente, a ingestão deste radionuclídeo continua elevada na Ucrânia, cerca de $4,05 \text{ Bq.d}^{-1}$, entretanto, em outros países europeus, como a Croácia, observa-se uma rápida diminuição na ingestão de ^{137}Cs na dieta alimentar [15, 16].

Tabela 3 – Estimativa da ingestão diária de ^{210}Pb e ^{137}Cs pelo consumo de dietas.

Estudantes	Dieta	Ingestão de ^{210}Pb (mBq.d^{-1})	Ingestão de ^{137}Cs (mBq.d^{-1})
IM	IM-1	171	107
	IM-2	N. C.	90
	IM-3	261	93
JC	JC-1	255	126
	JC-2	177	150
	JC-3	78	N. C.
EA	EA-1	297	172
	EA-2	309	173
	EA-3	140	143
ES	ES-1	212	170
	ES-2	N. C.	118
	ES-3	239	92
IR	IR-1	218	82
	IR-2	200	129
	IR-3	250	104
RC	RC-1	244	161
	RC-2	198	157
	RC-3	215	81
RZ	RZ-1	274	N. C.
	RZ-2	N. C.	133
	RZ-3	243	131
TO	TO-1	270	103
	TO-2	280	106
	TO-3	202	N. C.
LJ	LJ-1	N. C.	53
	LJ-2	165	69
	LJ-3	200	69

N. C.: não calculado.

IV. CONCLUSÃO

Os níveis de ^{210}Pb e ^{137}Cs obtidos neste trabalho permitiram estimar a ingestão diária destes radionuclídeos pelo consumo de diversas dietas. Os valores foram baixos e concordantes com outras regiões do mundo, que não apresentam problemas de contaminação por ^{210}Pb ou ^{137}Cs .

AGRADECIMENTOS

A FAPESP e ao CNPq pelo apoio financeiro e a Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP pela coleta das amostras.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FIGUEIRA, R. C. L. **Determinação de Sr-90 em amostras ambientais**. São Paulo. 1994. Dissertação (Mestrado). IPEN-USP.
- [2] PARFENOV, Y. D. Polonium-210 in the environment and in the human organism. **At. Energy Rev.**, v. 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] SAITO, R. T.; CUNHA, I. I. L. Determination of ^{210}Po in marine samples **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, 220(1): 117-119, 1997.
- [5] AMARAL, E.C.S.; CARVALHO, Z.L.; GODOY, J.M. Transfer of ^{226}Ra and ^{210}Pb to forage and milk in a Brazilian high natural radioactivity region. **Radiat. Prot. Dosimetry**, 24(1/4): 119-121, 1988.
- [6] 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.**, v. 139-140: 431-435, 1993.
- [7]. MAIHARA, V.; VASCONCELLOS, M. B. "Determinação dos níveis de ingestão dietética dos elementos arsênio, antimônio, cádmio, tório, tungstênio e urânio em dietas de crianças pelo método da porção em duplicata". **Anais do VI Congresso Geral de Energia Nuclear- CNEN**, Rio de Janeiro, RJ, CD ROM, 1996.
- [8]. MAIHARA, V.; VASCONCELLOS, M. B. A.; CORDEIRO, M. B.; COZZOLINO, S. M. F.. "Estimate of toxic element intake in diets of pre-school children and elderly collected by duplicate portion sampling". **Food Additives and Contaminants**, 15(7):782-788, 1998.
- [9]. FÁVARO, D. I. T.; HUI, M. I. T.; COZZOLINO, S. M. F.; MAIHARA, V. A.; VASCONCELLOS, M. B. A.; YUYAMA, L. K.; BOAVENTURA, G. T.; TRAMONTE, V. L. "Determination of various nutrients and toxic elements in different Brazilian regional diets by neutron activation analysis". **J. Trace Elements Med. Biol.** 11:129-136, 1997.
- [10] SAITO, R. T.; CUNHA, I. I. L.; FIGUEIRA, R. C. L.; TESSLER, M. G. Níveis de ^{210}Pb , ^{226}Ra e ^{137}Cs em sedimentos do estuário de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. **Anais do VII Congresso Geral de Energia Nuclear- CNEN**, Belo Horizonte, MG, CD ROM, 1999.
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **Measurement of radionuclides in food and in**

the environment. Technical Reports Series n° 295, IAEA, Vienna, 1989.

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

[13] LANDINSKAYA, L. A.; PARFENOV, Y. D.; POPOV, D. K.; FEDOROVA, V. ^{210}Pb and ^{210}Po content in air, water, foodstuffs, and the human body. **Arch. Environ. Health**, n. 27: 254-258, 1973.

[14] TAKIZAWA, Y.; ZHAO, L.; YAMAMOTO, M.; ABE, T.; UENO, K. Determination of Pb-210 and Po-210 in human tissues of Japanese. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, 138(1): 145-152, 1990.

[15] SHIRAISHI, K.; TAGAMI, K.; BAN-NAI, T.; YAMAMOTO, M.; MURAMATSU, Y.; LOS, I. P.; PHEDOSENKO, G. V.; KORZUN, V. N.; TSIGANKOV, N. Y.; SEGEDA, I. I. Daily intakes of ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{40}K , ^{232}Th and ^{238}U in ukrainian adult males. **Health Physics**, 73(5): 814-819, 1997.

[16] LOKOBAUER, N.; FRANIC, Z.; BAUMAN, A. MARACIC, M.; CESAR, D.; SENCAR, J. Radiation Contamination after the Chernobyl nuclear accident and the effective dose received by the population of Croatia. **J. Environ. Radioactivity**, 41(2): 137-146, 1998.

VI ABSTRACT

In this work, ^{210}Pb e ^{137}Cs were determined in the male students diets (age: 19-25) of Sao Paulo University, by gamma spectrometry. The sampling was made using the duplicate portion methodology, which consists in collecting duplicate portions of all food and beverage consumed during three days of a week. The levels obtained for ^{210}Pb in these samples varied from the Minimum Detectable Concentration (0.43 Bq.kg^{-1}) to 1.68 Bq.kg^{-1} . For ^{137}Cs , the values ranged from the Minimum Detectable Concentration (0.17 Bq.kg^{-1}) to 0.95 Bq.kg^{-1} . An estimate of the daily ingestion of those radionuclides was made according to the data obtained. The values varied from 78 to 309 mBq.d^{-1} for ^{210}Pb , and 53 to 157 mBq.d^{-1} , for ^{137}Cs , among the diets analyzed. The data obtained these diets agreed with the data obtained for other authors.