

ESTUDO E ANÁLISE DE PROCESSOS

Contaminação Radioativa de Empregados da Construção Civil que Manipulam Cimento

Pedro Lopes dos Santos*, Rita de Cássia dos Santos Gouvea, Alphonse Kelecom e Iedo Ramos Dutra

Departamento de Biologia Geral, Setor de Bio-Analítica, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, C.P. 100.436, 24001-970 Niterói RJ, Brasil

Resumo - Várias classes de trabalhadores estão expostas, em decorrência de suas atividades ocupacionais, à contaminação radioativa devida à presença de urânio e de seus descendentes nos materiais que eles manipulam profissionalmente. É o caso dos operários da construção civil que manuseiam cimento, o qual contém entre outros o polônio-210, altamente radiotóxico em razão da sua alta atividade específica e da emissão de partícula alfa de alto LET, a qual pode ocasionar câncer de pele. Neste artigo quantifica-se o polônio-210 presente em urina, cabelo e esfregaço de pele de trabalhadores da construção civil que manipulam cimento. Os resultados são comparados com um grupo controle.

Palavras-Chaves : *Contaminação ocupacional, cimento, radionuclídeo natural, alfa-emissores, polônio-210, urina, cabelo, esfregaço de pele.*

Radioactive Contamination of Cement Handlers of the Civil Construction

Abstract - Due to their occupational activities, several classes of workers are exposed to radioactive contamination by materials they handle and that contain traces of uranium and its descendents. This is the case of people that works in civil construction and that currently handle cement. Among other radioactive elements, cement contains the highly radiotoxic polonium-210 that has both a high specific activity and that emits a high LET alpha-particle the which may promote skin cancer. Concentrations of polonium-210 are reported for urine, hair and skin smear of workers of the civil construction that usually handle cement. The results are compared to a control group.

Key-Words : *Occupational contamination, cement, natural radionuclide, alpha- emitters, polonium-210, urine, hair, skin smear.*

Contamination Radioactive d'Ouvriers de la Construction Civile qui manipulent du Ciment.

Résumé - Diverses classes d'ouvriers s'exposent, au cours de leurs activités professionnelles, à la contamination radioactive en fonction de la présence d'uranium et de ses descendants dans les matériaux qu'ils manipulent. C'est le cas des ouvriers de la construction civile qui manipulent du ciment, lequel contient entre autres du polonium-210, hautement radiotoxique en raison de sa grande activité spécifique et de son émission de particule alpha de haut LET qui peut provoquer des cancers de la peau. Dans cet article, on dose le polonium-210 présent dans l'urine, les cheveux et des frottis de peau d'ouvriers de la construction civile qui travaillent avec du ciment. Les résultats sont comparés avec ceux d'un groupe contrôle.

Mots-clés : *Contamination occupationnelle, ciment, radionuclide naturel, émetteur alpha, polonium-210, urine, cheveux, frottis de peau.*

1. INTRODUÇÃO

A explosão das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki, no final da IIa Guerra Mundial, tornou público, e de maneira especialmente dramática, os "perigos da radioatividade". Em época bem mais recente, o acidente na usina termonuclear de Chernobyl (ex-União Soviética) e o incidente de Goiânia com Césio-137 nos mostraram que este perigo também existe em situação de paz. Por esta razão, entidades pacíficas não governamentais como o Greenpeace alertam continu-

amente para os problemas das usinas nucleares e do seu lixo atômico, ou seja, da radioatividade em geral.

Seria errado, no entanto, acreditar que ninguém está exposto a radiações nucleares fora destas situações excepcionais. De fato existe uma radioatividade natural, que provém das radiações cósmicas. Estas atingem a Terra e irradiam continuamente o ser humano. Esta irradiação, que sempre existiu, é infinitamente pequena e compatível com a existência da vida.

Existem ainda várias outras fontes de radiações nucleares, pelas quais o homem pode vir a ser irradiado. Uma delas decorre do fato de se viver em regiões onde o solo emana naturalmente radioatividade resultante da presença de material radioativo nele contido. Estas regiões são conhecidas como regiões de alto "background". No Brasil, Guarapari, Axará e Poços de Caldas são exemplos desta situação por terem no seu sub-solo areias monazíticas ou minérios de urânio (Santos *et al.*, 1993). Outra via de contaminação resulta do hábito de fumar já que o fumo contém quantidades mensuráveis de polônio-210, alfa-emissor altamente radiotóxico (Morgan *et al.*, 1964). Certos hábitos alimentares podem também contribuir para a dose corporal de alfa-emissores, pois folhagens (Santos *et al.*, 1993) e mariscos (Gouvea *et al.*, 1992), por exemplo, concentram nuclídeos radiotóxicos como o rádio-226 (^{226}Ra) e o polônio-210 (^{210}Po). Enfim, a contaminação radioativa pode resultar de atividades profissionais, nas quais o homem manipula, por longos períodos, certos materiais que contêm traços de urânio e de seus descendentes. É o caso do minério de urânio (Santos *et al.*, 1994), dos adubos fosfatados (Santos *et al.*, 1995) e, também, do cimento.

Desse modo, trabalhadores que, em decorrência de suas atividades ocupacionais, estão expostos a doses de radiações ionizantes acima dos valores considerados normais têm sido monitorados principalmente no que tange aos nuclídeos emissores de partículas alfa das séries do urânio e do tório.

O grau de exposição a que estão sujeitos grupos ocupacionais que operam na mineração e no beneficiamento do urânio, na extração de rochas fosfatadas ou mesmo na atividade agrícola, quando então são manipulados adubos fosfatados, pode ser avaliado através de bioensaios com menção especial ao ^{210}Po , não só pela sua atividade específica, como também pela emissão de partícula de alto poder de transferência linear de energia (LET).

A inalação de descendentes radioativos do gás radônio-222 (^{222}Rn), da série do urânio-238 (^{238}U), bem como de aerossóis retentores de descendentes deste gás (sobretudo isótopos do polônio) têm sido amplamente investigada (Gotchy e Schiager, 1969; Parfenov, 1974; Okabayashi, 1982; Santos *et al.*, 1994), visando estimar o grau de risco na oncogênese pulmonar.

Similarmente, a deposição de partículas macro ou microscópicas contendo radionuclídeos emissores de partículas alfa sobre a pele tem sido estudada, com o objetivo de elucidar até que ponto trabalhadores agrícolas que se utilizam de fertilizantes fosfatados (Santos *et al.*, 1995) além de outros grupos que manipulam matéria-prima contendo urânio e seus descendentes (Santos *et al.*, 1994), bem como traba-

lhadores que manipulam cimento e materiais congelados, correm o risco de adquirir câncer de pele provocado por aquela deposição.

Segundo Sevcova e colaboradores (1978), a maioria das pessoas apresenta a espessura da epiderme inferior a 50 μm , o que permite que células basais da pele sejam facilmente atingidas pelas partículas alfa, oriundas do material naturalmente contaminado, o qual se deposita sobre a pele daqueles grupos ocupacionais, ocasionando eventualmente neoplasias nos tecidos da mesma.

Embora o emprego de cimento em pó acarrete danos imediatos à saúde como, por exemplo, a obstrução dos canais capilares dos pulmões e, conseqüentemente, o incremento do esforço cardíaco, além de sua ação cáustica sobre a pele, não se pode descartar *a priori* a possibilidade, embora que tardia, de risco do efeito oncogênico sobre as células basais devido à alfa-irradiação durante a referida atividade. Este risco é variável, pois o cimento encerra na sua composição 56-66% de cal, o qual pode estar mais ou menos contaminado por descendentes do ^{226}Ra em maior ou menor grau, dependendo de sua procedência.

Dando continuidade à linha de pesquisa deste laboratório, com relação à contaminação de grupos ocupacionais com produtos contendo descendentes da série do ^{238}U , objetivou-se, no presente estudo, quantificar a exposição a radionuclídeos naturais, particularmente os emissores de partícula alfa, de trabalhadores que lidam diretamente com o cimento em pó, através de ensaios radioquímicos de polônio-210, em amostras biológicas dessas pessoas.

2. METODOLOGIA

Dois grupos de trabalhadores da construção civil do Estado do Rio de Janeiro foram recrutados para doação de material para o presente estudo:

- 1 - um grupo de pessoas que manipulam diretamente o cimento em pó, antes e no momento da preparação de argamassas;
- 2 - um grupo de pessoas que não estão expostas ao cimento e que anteriormente não estiveram em contato com materiais radioativos naturais.

A monitoração foi feita pela análise de ^{210}Po na urina recolhida durante 24 horas, no cabelo e no esfregaço, feito com papel absorvente, da face e dos antebraços e recolhido logo após a trabalho diário. O papel absorvente e o cabelo de cada doador foram transportados para o laboratório em saquinhos plásticos. As urinas foram acondicionadas em frascos de polietileno e acidificadas com ácido clorídrico 12N.

A quantificação do polônio na urina foi feita diretamente, *i.e.* sem pré-concentração, tendo em vista que o teste otimizado no laboratório mostrou-se muito sensível (Gouvea *et al.*, 1987). Após o ajuste da

concentração com ácido clorídrico 0,5N, foi realizado o plaqueamento sobre discos de aço inoxidável, sob temperatura de $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$ e durante 2,5 horas. Foi feita a adição prévia de 250mg de ácido L-ascórbico, com o objetivo de eliminar a interferência de íons férricos durante a deposição espontânea do ^{210}Po . Procedeu-se, então, à radiometria alfa segundo a técnica de Halden & Hartley (1960). As medições foram afetadas por um erro radiométrico global de *c.a.* 35%.

As amostras de cabelo e de esfregaços de papel absorvente foram mineralizadas pelo sistema ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) a uma temperatura inferior a 100°C , durante 15 horas, aproximadamente. O resíduo final foi tratado com HCl 12N e dissolvido com solução de HCl 0,5N. Seguiu-se a deposição do polônio, sob temperatura de $80-90^\circ\text{C}$, conforme descrito acima (Gouvea *et al.*, 1987).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme já mencionado anteriormente, o cimento que resulta da ustulação de calcários com um mínimo de argila é um produto naturalmente radioativo. O tipo "Portland", muito empregado em obras de alvenaria, encerra o urânio e seus descendentes radioativos como contaminantes dos carbonato e sulfato de cálcio usados como matérias primas, entre outras, na sua preparação. Durante esta preparação do cimento as temperaturas atingidas são superiores a 1000°C . Nestas temperaturas, o ^{210}Po é volatilizado, o que acarreta a quebra do equilíbrio radioativo do polônio com seus precursores não voláteis. No entanto, a própria presença destes precursores propicia o crescimento temporal do ^{210}Po .

Tabela 1. Concentração de ^{210}Po em usuários de cimento da construção civil.

Amostras	Esfregaço de pele (mBq)	Urina (mBq.l ⁻¹)	Cabelo (mBq.g ⁻¹)	Cimento usado (mBq.g ⁻¹)
1 NF*	2,71	5,40	3,16	34,29
2 NF	3,10	6,05	3,58	19,98
3 NF	3,01	5,55	3,32	30,51
4 F**	5,41	9,72	4,12	57,76
5 F	4,87	8,51	3,88	57,76
6 F	3,80	8,22	3,75	25,27
7 F	2,00	6,25	3,98	24,37
8 F	2,75	7,95	4,01	39,80
médias	3,46	7,21	3,73	36,22

* NF = não fumante ; ** F = fumante

A ampla variação observada nas concentrações de ^{210}Po (6,51 a 57,76 mBq.g⁻¹), em dez diferentes marcas

comerciais de cimento, analisadas no decorrer desta pesquisa, pode ser então atribuída não só à procedência do material calcário utilizado na preparação do cimento, com também ao tempo de estocagem do cimento antes de ser usado.

Tabela 2. Concentração de ^{210}Po em doadores do grupo controle.

Amostras	Urina (mBq.l ⁻¹)	Cabelo (mBq.g ⁻¹)
1 NF*	5,20	2,26
2 NF	8,50	2,76
3 NF	4,87	2,60
4 F**	4,40	3,70
5 F	6,00	3,10
6 F	8,22	2,15
7 F	5,56	4,10
8 F	5,99	3,89
médias	6,09	3,09

* NF = não fumante ; ** F = fumante

Os valores médios das concentrações radioativas em urina (7,21 mBq.l⁻¹) e cabelo (3,73 mBq.g⁻¹) do grupo diretamente exposto ao cimento (Tabela 1) apresentam um aumento de *c.a.* de 20% sobre os valores correspondentes dos doadores do grupo controle (6,09 mBq.l⁻¹ e 3,07 mBq.g⁻¹ para urina e cabelo respectivamente, Tabela 2). Embora nítida, esta tendência é estatisticamente pouco significativa em função da pequena amostragem disponível para este estudo. Por essa mesma razão, não existe evidências de que o hábito de fumar tenha influenciado nos resultados, embora haja discrepâncias que podem ser também atribuídas aos hábitos dietéticos das pessoas estudadas.

Os resultados dos esfregaços de pele apresentaram atividades cujas porcentagens variaram num intervalo de 7,9 a 15,0% em relação à atividade do cimento manipulado (Tabela 1). Esses valores são bem maiores do que aqueles resultantes de operação com adubos fosfatados registrados em atividades agrícolas (Santos *et al.*, 1995), devido provavelmente à maior aderência do cimento à pele e ao suor do operário.

Embora o nível da emissão de partículas alfa seja baixo no cimento, quando comparado a outros produtos naturalmente contaminados por urânio-238 e seus descendentes, o efeito tardio dessas radiações sobre a pele dependerá obviamente não só do tempo que a mesma fica exposta, bem como do tempo de vida ocupacional do operário com aquele cimento.

Assim sendo, o risco destes operários desenvolverem a longo prazo câncer de pele é muito baixo, porém não inexistente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GOTCHY, R.L., SCHIAGER, K.J. Bioassay methods for estimating current exposures to short-lived radon progeny. *Health Physics* **17** : 199-218 (1969).
- GOUVEA, R.C., SANTOS, P.L., GOUVEA, V.A. Contribution to the study of radioactivity in marine organisms, dosage of ^{210}Po in *Perna perna* L. *Science of the Total Environment* **61** : 117-120 (1987).
- GOUVEA, R.C., SANTOS, P.L., DUTRA, I.R. Lead-210 and polonium-210 concentrations in some species of marine molluscs. *Science of the Total Environment* **112** : 263-267 (1992).
- HALDEN, N.A., HARLEY, J.H. An improved alpha counting technique. *Analytical Chemistry* **32** : 1861-1863 (1960).
- MORGAN, K.Z., SNYDER, W.S., FORD, M.R. Relative hazard of various materials. *Health Physics* **10** : 151-172 (1964).
- OKABAYASHI, H. A study on the excretion of ^{210}Pb and ^{210}Po . *Journal of Radiation Research* **23** : 242-252 (1982).
- PARFENOV, Y.D. Polonium-210 in the environment and in the human organism. *Atomic Energy Review of the Int. Atomic Energy Agency (IAEA)*, v.12, p.75-143 (1974).
- SANTOS, P.L., GOUVEA, R.C., DUTRA, I.R. Lead-210 in vegetables and soils from an area of high natural radioactivity in Brazil. *Science of the Total Environment* **138** : 37-461(993).
- SANTOS, P.L., GOUVEA, R.C., DUTRA, I.R. Concentration of ^{210}Pb and ^{210}Po in hair and urine of workers of the uranium mine at Poços de Caldas (Brazil). *Science of the Total Environment* **148** : 61-65 (1994).
- SANTOS, P.L., GOUVEA, R.C., DUTRA, I.R. Human occupational radioactive contamination from the use of phosphated fertilizers. *Science of the Total Environment* **162** : 19-23 (1995).
- SEVCOVA, M., SEVC, J., THOMAS, J. Alpha radiation of the skin and the possibility of late effects. *Health Physics* **35** : 803-806 (1978).