

Relações entre radionuclídeos e variáveis sedimentológicas na Margem Continental do Atlântico Sul

Paulo A. L. FERREIRA¹, Rubens C. L. FIGUEIRA¹

¹ Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo (IO-USP) (Endereço: Praça do Oceanográfico, 191, sala 161A, Butantã, 05508 120, São Paulo, SP, Brasil) (Endereços eletrônicos: paulo.alves.ferreira@usp.br, rfigueira@usp.br)

Resumo

Há uma lacuna no conhecimento sobre radioatividade marinha nos sedimentos da Margem Continental do Atlântico Sul. As atividades de ¹³⁷Cs e ⁴⁰K e variáveis sedimentológicas foram determinadas em amostras de sedimento superficial. Verificou-se que ⁴⁰K é um bom indicador da granulometria dos sedimentos, enquanto que ¹³⁷Cs possui uma boa correlação com sua composição química. Além disso, identificou-se, pelos dados radiométricos, a entrada de material alóctone no compartimento brasileiro da margem continental ao sul da Ilha de São Sebastião, proveniente este do Estuário do Rio da Prata, fenômeno previamente reportado na literatura.

Palavras-chave: ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, granulometria, São Sebastião.

Abstract

There is a lack of information regarding marine radioactivity in sediments of the Continental Margin of the South Atlantic. ¹³⁷Cs and ⁴⁰K radioactivity and sedimentological variables were determined in superficial sediment samples. It was demonstrated that ⁴⁰K is a good indicator for sediment granulometry, whilst ¹³⁷Cs presents a good correlation with its chemical composition. Moreover, it was identified through the radiometric data the occurrence of input of allochthonous matter to the Brazilian southernmost compartment from the Rio de La Plata estuary, as previously reported in the literature.

Keywords: ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, grain size, São Sebastião.

1. Introdução

Por terem essencialmente o mesmo comportamento ambiental que suas formas estáveis, radionuclídeos (átomos instáveis emissores de radiação) também podem ser encontrados nas diversas matrizes da Terra. Com o descobrimento da existência da radioatividade e com o desenvolvimento de suas técnicas de medição, surgiu a possibilidade de uso de radionuclídeos como traçadores de processos ambientais.

Processos relacionados ao balanço sedimentar marinho foram observados usando-os como traçadores em diversas localidades no mundo (Heldal et al., 2002; Ligeró et al.,

2001; Park et al., 2004). No Brasil, há uma lacuna no conhecimento relativo à radioatividade marinha e como se relacionam com variáveis sedimentológicas.

Assim sendo, este estudo realizou a construção de um modelo de distribuição de ^{137}Cs e ^{40}K nos sedimentos da Margem Continental do Atlântico Sul e analisou as relações entre os níveis de radioatividade, variáveis sedimentológicas e padrões geográficos de distribuição dos sedimentos.

2. Materiais e métodos

As amostras de sedimentos superficiais foram coletadas com um box-corer entre 1997 e 2010. As atividades de ^{137}Cs e ^{40}K foram determinadas através de espectrometria gama de alta resolução (espectrômetro HPGe ORTEC, modelo GMX50P) conforme Ferreira (2011). Esta metodologia apresenta exatidão e alta precisão altas, com desvios inferiores a 5%. A análise granulométrica foi feita através do método de peneiramento e pipetagem (Suguio, 1973) e utilizada em termos de diâmetro médio dos grãos conforme Folk e Ward (1957). Os teores de carbono orgânico (C_{org}) e nitrogênio total (N_{tot}) sedimentar foram determinados por espectrometria de massa (IRMS, modelo CN).

3. Resultados e discussão

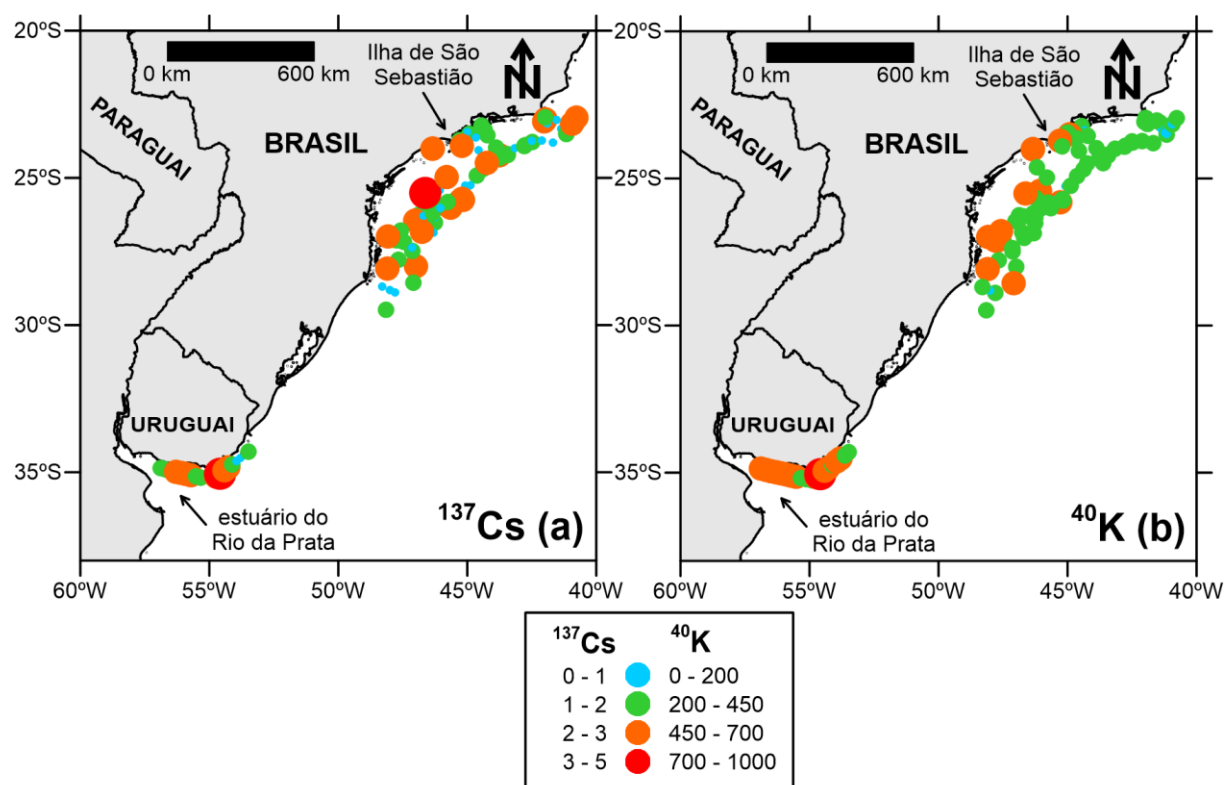


Figura 1. Modelo de distribuição espacial de ^{137}Cs e ^{40}K (em Bq kg^{-1}) na Margem Continental do Atlântico Sul.

A Figura 1 apresenta o modelo de distribuição de ^{137}Cs e ^{40}K . De forma geral, pode-se observar que as áreas de maior atividade de ^{40}K correspondem às mesmas de ^{137}Cs , e isso é corroborado por uma elevada e estatisticamente significativa correlação linear entre suas atividades (Tabela 1). A Tabela 1 mostrou que as variáveis apresentaram relações esperadas, já que sedimentos mais finos (dominantes na região) têm grãos com maior área de superfície de contato e de adsorção de radionuclídeos que sedimentos mais arenosos.

As atividades de ^{137}Cs e ^{40}K também foram maiores em sedimentos com maiores conteúdos de matéria orgânica (C_{org}), devido à grande afinidade entre matéria orgânica e radioisótopos. Em suma, pode-se verificar que há grande correlação entre a atividade de ^{40}K e o diâmetro médio (medida granulométrica), enquanto que a atividade de ^{137}Cs teve uma boa relação com medidas da composição química do sedimento.

Tabela 1. Análise de correlação de Pearson (r) ($\alpha = 5\%$) entre as atividades de ^{137}Cs e ^{40}K e as variáveis sedimentológicas.

	^{137}Cs	^{40}K	Diâmetro médio	Teor de C_{org}	Teor de N_{tot}
^{137}Cs	-	0,56 ($p < 0,05$)	0,56 ($p < 0,05$)	0,66 ($p < 0,05$)	0,69 ($p < 0,05$)
^{40}K	0,56 ($p < 0,05$)	-	0,77 ($p < 0,05$)	0,48 ($p < 0,05$)	0,49 ($p < 0,05$)

Através de uma análise de variância (ANOVA) ($\alpha = 5\%$) com teste de Tukey *a posteriori* (Tabela 2), observou-se que as médias das atividades dos núclídeos são estatisticamente distintas entre as áreas ao norte e ao sul da Ilha de São Sebastião (ISS) ($p < 0,05$), e que são similares à região de influência direta do estuário do Rio da Prata (RP). Isso mostra que estes elementos sofrem uma diferenciação geográfica dentro da Margem Continental do Atlântico Sul, também reportada por Mahiques et al. (1999), que evidencia indícios de uma intrusão sazonal de uma pluma de baixa salinidade e grandes volumes de material terrígeno proveniente do Estuário do Prata na Margem Continental Sudeste do Brasil.

Tabela 2. Teste de Tukey ($\alpha = 5\%$) para os níveis médios de ^{137}Cs e ^{40}K (média \pm IC) dos sedimentos dos compartimentos da Margem Continental do Atlântico Sul. Grupos de amostra que não tem letra de agrupamento em comum diferem estatisticamente.

Compartimento	^{137}Cs (Bq kg^{-1})	^{40}K (Bq kg^{-1})	Grupo do teste de Tukey	
			A	B
Margem ao norte da ISS	1,20 \pm 0,57	287,88 \pm 24,41	X	
Margem ao sul da ISS	1,81 \pm 0,63	379,45 \pm 28,74		X
Margem ao largo do RP	1,88 \pm 1,02	516,14 \pm 26,20		X

Como os níveis de ^{137}Cs da região do estuário do Rio da Prata (Figura 1) são estatisticamente similares ($p < 0,05$) aos encontrados na região ao sul da ISS, e não há

outra fonte de radionuclídeos artificiais para a região fora o *fallout* atmosférico pretérito, este é um indicador deste fenômeno de importação de material terrígeno para a margem continental sudeste brasileira oriundo de águas argentinas/uruguaias.

4. Conclusões

O modelo de distribuição das atividades de ^{137}Cs e ^{40}K na Margem Continental do Atlântico Sul foi avaliado quanto às suas relações com variáveis sedimentológicas. Pode-se verificar que há grande correlação entre a atividade de ^{40}K e as medidas granulométricas, e entre a atividade de ^{137}Cs teve com medidas da composição química do sedimento. Percebeu-se que há uma diferenciação geográfica entre as regiões ao norte e ao sul da Ilha de São Sebastião causada por padrões sedimentares diferenciados. Um ponto a ser destacado é a identificação de entrada de materiais alóctones provenientes de águas do estuário do Rio da Prata para a parte brasileira da área estudada, comprovada pela análise das médias dos níveis de ^{137}Cs dentro da área estudada. Isso ressalta a resposta de radioisótopos aos processos sedimentares da região.

Referências

- FERREIRA, P. A. L. 2011. *Modelo de distribuição de K-40 e Cs-137 nos sedimentos da Margem Continental Sudeste do Brasil como ferramenta em estudos sedimentológicos*. Monografia de bacharelado. Universidade de São Paulo. 100 p.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.*, 27: 3-26.
- HELDAL, H. E.; VARSKOG, P.; FØYN, L. 2002. Distribution of selected anthropogenic radionuclides (^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{241}Am) in marine sediments with emphasis on the Spitsbergen–Bear Island area. *Sci. Total Environ.*, 293: 233-245.
- LIGERO, R. A., RAMOS-LERATE, I., BARRERA, M., CASAS-RUIZ, M. 2001. Relationships between sea-bed radionuclide activities and some sedimentological variables. *J. Environ. Radioac.*, 57: 7-19.
- MAHIQUES, M. M.; MISHIMA, Y.; RODRIGUES, M. 1999. Characteristics of the organic matter on the inner and middle continental shelf between Guanabara Bay and São Francisco do Sul, southeastern Brazilian Margin. *Cont. Shelf Res.*, 19: 775-798.
- PARK, G.; LIN, X. L.; KIM, W.; KANG, H. D.; LEE, H. L.; KIM, Y.; DOH, S. H.; KIM, D. S.; YUN, S. G.; KIM, C. K. 2004. Properties of ^{137}Cs in marine sediments off Yangnam, Korea. *J. Environ. Radioac.*, 77: 285-299.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP. 317 p.