

# **$^{137}\text{Cs}$ como traçador da origem de sedimentos alóctones na Margem Continental Sudeste do Brasil**

Paulo A. L. FERREIRA<sup>1</sup>, Elvis J. FRANÇA<sup>2</sup>, Michel M. MAHIQUES<sup>1</sup>, Rubens C. L. FIGUEIRA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP).

<sup>2</sup> Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE).

paulo.alves.ferreira@usp.br; ejfranca@cnen.gov.br; mahiques@usp.br; rfigueira@usp.br

## **Resumo**

A distribuição de  $^{137}\text{Cs}$ , radionuclídeo artificial para o qual não há fonte atual, pode servir de informações sobre a origem e destino de sedimentos. Este estudo analisou cerca de 60 amostras de sedimento superficial para gerar um modelo de distribuição espacial de  $^{137}\text{Cs}$  na Margem Continental Sudeste do Brasil e arredores com o intento de avaliar possíveis fontes de sedimentos para esta região. O modelo mostrou que os níveis de  $^{137}\text{Cs}$  no compartimento sul da Margem Continental Sudeste do Brasil (ao sul da Ilha de São Sebastião) são estatisticamente similares aos da região da foz do Rio da Prata, indicando a entrada de sedimentos pela intrusão sazonal da pluma do Rio da Prata, fenômeno já estudado por outros autores.

**Palavras-chave:**  $^{137}\text{Cs}$ , sedimentos, Margem Continental Sudeste do Brasil, foz do Rio da Prata.

## **1. Introdução**

A análise de radionuclídeos tornou-se um instrumento com crescente utilização em estudos oceanográficos, pois os oceanos são os maiores sumidouros destes elementos, passíveis de serem diferenciados dos isótopos estáveis em qualquer processo ambiental no qual estão presentes (Santos et al., 2008). Um de seus possíveis usos é como traçadores de origem e destino de sedimentos (Cordero, 2010; Ligeró et al., 2001). Neste trabalho, o radionuclídeo  $^{137}\text{Cs}$  foi utilizado para verificar o sinal da entrada de sedimentos alóctones na Margem Continental Sudeste do Brasil provenientes da região da foz do Rio da Prata.

$^{137}\text{Cs}$  é um isótopo artificial de Cs, caracterizado ambientalmente por seu alto rendimento de fissão, meia-vida de cerca de 30 anos e decaimento por emissão  $\beta$  para  $^{137\text{m}}\text{Ba}$ , emitindo posteriormente radiação  $\gamma$ . No Hemisfério Sul, o fallout radioativo global com máximo em 1963 é sua única fonte. Assim, variações nos níveis de  $^{137}\text{Cs}$  em uma dada região são indicativos de entrada de material alóctone com um teor diferenciado de  $^{137}\text{Cs}$ , já que não há fonte atual deste elemento.

A Margem Continental Sudeste do Brasil, localizada entre 28°40'S e 23°00'S (Figueira et al., 2006), tem baixos níveis de radionuclídeos artificiais originados dos testes nucleares pretéritos (Aarkrog, 2003), mas apresenta fontes potenciais destes elementos, como o complexo de usinas termonucleares localizado na região de Angra dos Reis.

## 2. Materiais e métodos

Para este estudo, foram coletadas cerca de 60 amostras de sedimento superficial na Margem Continental Sudeste do Brasil e na região da foz do Rio da Prata. Essas amostras foram separadas em três grupos (1: compartimento norte, acima da Ilha de São Sebastião, 2: compartimento sul, abaixo da Ilha de São Sebastião, 3: foz do Rio da Prata).

As atividades de  $^{137}\text{Cs}$  foram determinadas em um espectrômetro gama de Ge hiperpuro modelo GMX50P, com resolução média de 1,91 keV para o pico de 1332,35 keV de  $^{60}\text{Co}$ . O método consiste de determinação da eficiência de contagem e da radiação de fundo do detector e contagem da amostra na energia de 661,67 keV por 50.000 s. O controle de qualidade do método foi estabelecido através da determinação de  $^{137}\text{Cs}$  nos materiais de referência IAEA-300 (sedimento) e IAEA-326 (solo), e verificou-se altas precisão e exatidão, com desvios padrões e erros relativos de suas réplicas abaixo de 6%.

## 3. Resultados e discussão

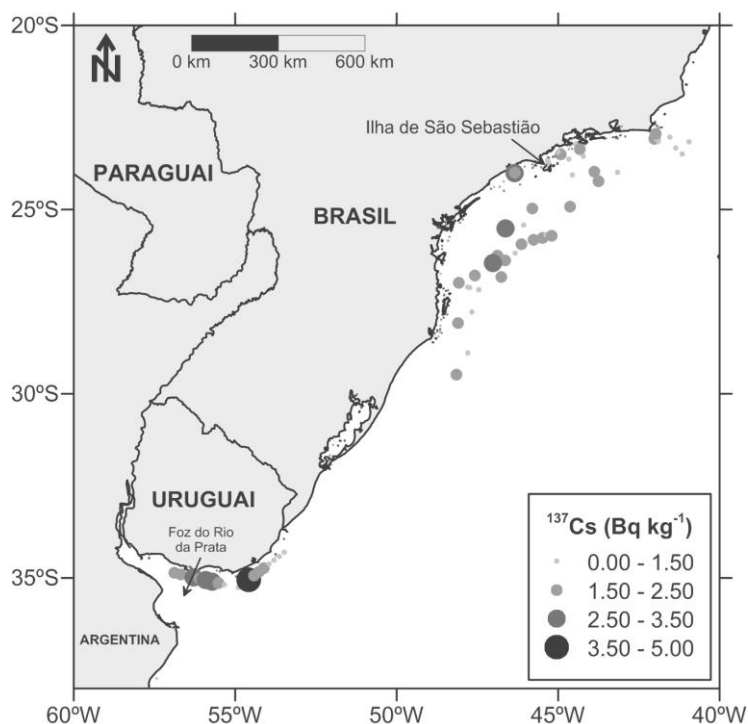


Figura 1. Distribuição de  $^{137}\text{Cs}$  (em  $\text{Bq kg}^{-1}$ ) na Margem Continental Sudeste do Brasil e na região da foz do Rio da Prata.

A Figura 1 apresenta o modelo de distribuição espacial de  $^{137}\text{Cs}$  na área de estudo. Os níveis de  $^{137}\text{Cs}$  alcançaram valores esperados para regiões onde sua presença dá-se apenas devido ao fallout global (Figueira et al., 2006), sendo bem inferior a locais afetados, por exemplo, pelo acidente de Chernobyl, como o Mar da Irlanda ( $13 - 4417 \text{ Bq kg}^{-1}$ ) (Jones et al., 1999).

Através de análise de variância (ANOVA), foi avaliada a diferenciação estatística entre os níveis de  $^{137}\text{Cs}$  dos três grupos de amostras e, com o teste de Tukey, esses grupos foram comparados para verificar quais médias são estatisticamente semelhantes. As premissas de normalidade e homocedasticidade dos dados foram testadas e confirmadas com os testes de Anderson-Darling e Levene ( $\alpha = 0,05$ ). A análise de variância apresentou um valor p de 0,014 ( $\alpha = 0,05$ ), o que significa que há alguma diferenciação nos níveis de  $^{137}\text{Cs}$  entre os três grupos de amostras. A Tabela 1 apresenta os resultados do teste de Tukey, junto com os valores de média e desvio padrão das amostras para cada grupo.

Tabela 1. Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para os níveis de  $^{137}\text{Cs}$  (em  $\text{Bq kg}^{-1}$ ) dos sedimentos dos compartimentos da Margem Continental Sudeste do Brasil e da foz do Rio da Prata. Grupos de amostra que não tem letra de agrupamento em comum diferem estatisticamente.

Grupo de amostra	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) (média $\pm$ desvio)	Letras de agrupamento do teste de Tukey	
		A	B
Compartimento norte	1,20 $\pm$ 0,57	X	
Compartimento sul	1,81 $\pm$ 0,63		X
Foz do Rio da Prata	1,88 $\pm$ 1,02		X

A Tabela 1 mostra que os valores do compartimento sul da Margem Continental Sudeste do Brasil são estatisticamente semelhantes aos da foz do Rio da Prata. Como não existem fontes atuais de  $^{137}\text{Cs}$  na região, isso é um indicativo da ocorrência do fenômeno da penetração sazonal de uma pluma de águas frias e pouco salinas provenientes da descarga do Rio da Prata, que carrega grandes quantidades de sedimentos terrígenos até a região ao sul da Ilha de São Sebastião (Figueira et al., 2006; Mahiques et al., 2004).

No compartimento norte, a baixa atividade de  $^{137}\text{Cs}$  pode ser explicada pelo meandramento da Corrente do Brasil, cujos vórtices carregam para o compartimento norte uma carga sedimentar pelágica (Mahiques et al., 1999) que provoca um efeito de diluição nos níveis de  $^{137}\text{Cs}$  quando comparados aos do compartimento sul.

#### 4. Conclusões

A partir dos dados desse estudo, verificou-se que o radionuclídeo  $^{137}\text{Cs}$  pode funcionar como um traçador de origem e destino de sedimentos. Seu sinal de atividade na

região da foz do Rio da Prata pode ser detectado no compartimento sul da Margem Continental Sudeste do Brasil. Como não há fontes atuais deste elemento, esses sedimentos com níveis maiores de  $^{137}\text{Cs}$  podem ter como origem a intrusão sazonal de águas da foz do Prata.

## Referências

- CORDERO, L. M. 2010. *Estudo dos processos sedimentológicos na Margem Continental Sudeste do Brasil pelo uso de radionuclídeos naturais*. Dissertação de mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 100 p.
- FIGUEIRA, R. C. L., TESSLER, M. G., MAHIQUES, M. M., CUNHA, I. I. L. 2006. Distribution of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  and  $^{239+40}\text{Pu}$  in sediments of the southeastern Brazilian shelf-SW Atlantic margin. *Sci. Total Environ.*, 357: 146-159.
- JONES, D. G.; ROBERTS, P. D.; STRUTT, M. H.; HIGGO, J. J.; DAVIS, J. R. 1999. Distribution of  $^{137}\text{Cs}$  and inventories of  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in Irish Sea intertidal sediments. *J. Environ. Radioact.*, 44: 159-189.
- 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.
- MAHIQUES, M. M.; TESSLER, M. G.; CIOTTI, A. M.; SILVEIRA, I. C. A.; SOUSA, S. H. M.; FIGUEIRA, R. C. L.; TASSINARI, C. C. G.; FURTADO, V. V.; PASSOS, R. F. 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the Shelf and Upper Slope off Southeast Brazil. *Cont. Shelf Res.*, 24: 1685-1697.
- SANTOS, I. R.; BURNETT, W. C.; GODOY, J. M. 2008. Radionuclides as tracers of coastal processes in Brazil: review, synthesis, and perspectives. *Braz. J. Oceanogr.*, 56(2): 115-131.