



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO GRANDE  
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA



---

# PROCESSOS DE MISTURA NA REGIÃO COSTEIRA

---

*Professor: Carlos Francisco Ferreira de Andrade*

11 4 2008

Por que é importante estudar os processos de misturas dos elementos traços e seus isótopos na região costeira e oceânica?



➤ Fontes de elementos

➤ Processos de Mistura

➤ Comportamento dos elementos na coluna d'água  
*Reatividade química*

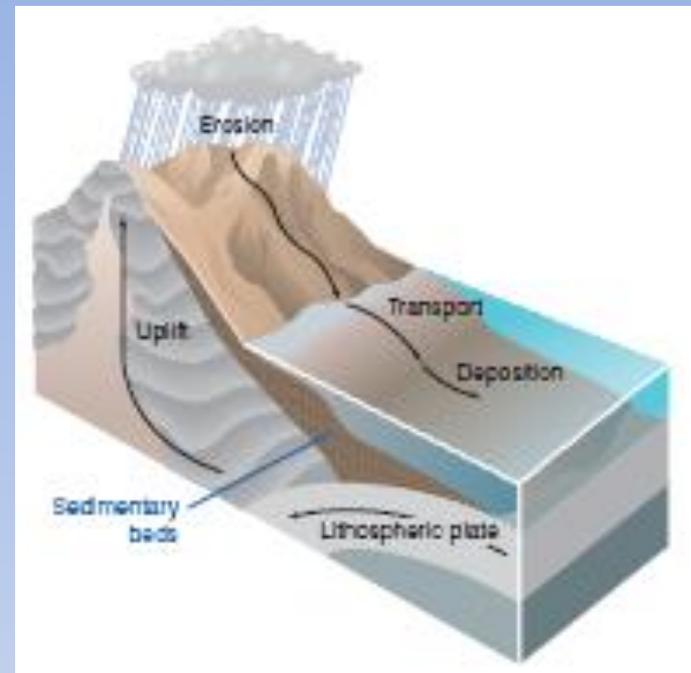
➤ Mistura e estratificação

➤ Formas de determinar as taxas de mistura

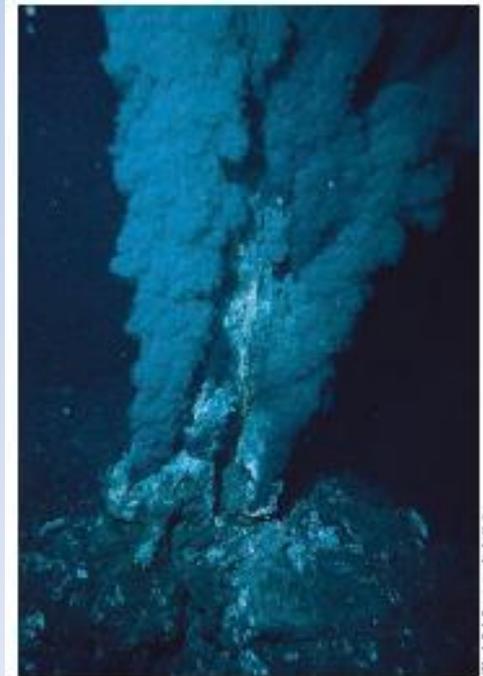
A quais fontes de elementos as massas d'águas estão expostas?

## ➤ Fontes:

- Fontes continentais;
  - Descargas de rios
  - Estuários
  - Aportes subterrâneos



- Fontes submarinas: vulcões



# Aporte atmosférico



# Processo de mistura

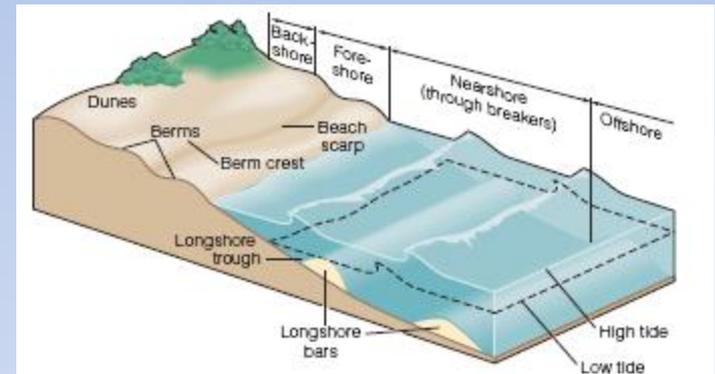
- Fatores que influenciam o processo de mistura:

## Região costeira

- Vento;
- Correntes oceânicas;
- Variação de maré;
- Entrada de frentes;

## Região oceânica

- Ressurgência e subsidência
- Formação de vórtices
- Convergências



➤ Qual o comportamento dos elementos traço ao entrarem no ambiente costeiro?

- Diluição
- Difusão
- Dispersão



Durante o processo de mistura alguns elementos traço são modificados devido suas propriedades químicas ou reatividade.

– Elementos conservativo:

- He, Ra ou sais

– Elementos não conservativos:

- Fe, Mn, Zn, Cu e etc...

## ➤ Reatividade química dos elementos na região costeira

Quando o elemento químico entra na água costeira oceânica, está sujeito muitas vezes a mudanças radicais em seu ambiente químico. Com exceção dos íons maiores, a concentração do elementos se reduz gradualmente.

Não conservativo - reações de:

Sorção

Competição

Complexação

processos biológicos



# Reação de sorção para elementos traços

## – Efeitos físicos e químicos sobre a sorção

- Diluição – tende a diminuir a fração sorvida embora a reação seja tamponada pela reação de dessorção. Qual o limite? Em diluições elevadas o sorbato é dissolvido e diluído conservativamente.
- Remoção sólida – a carga particulada da região costeira pode sofrer decréscimo pela remoção dos sólidos suspensos.

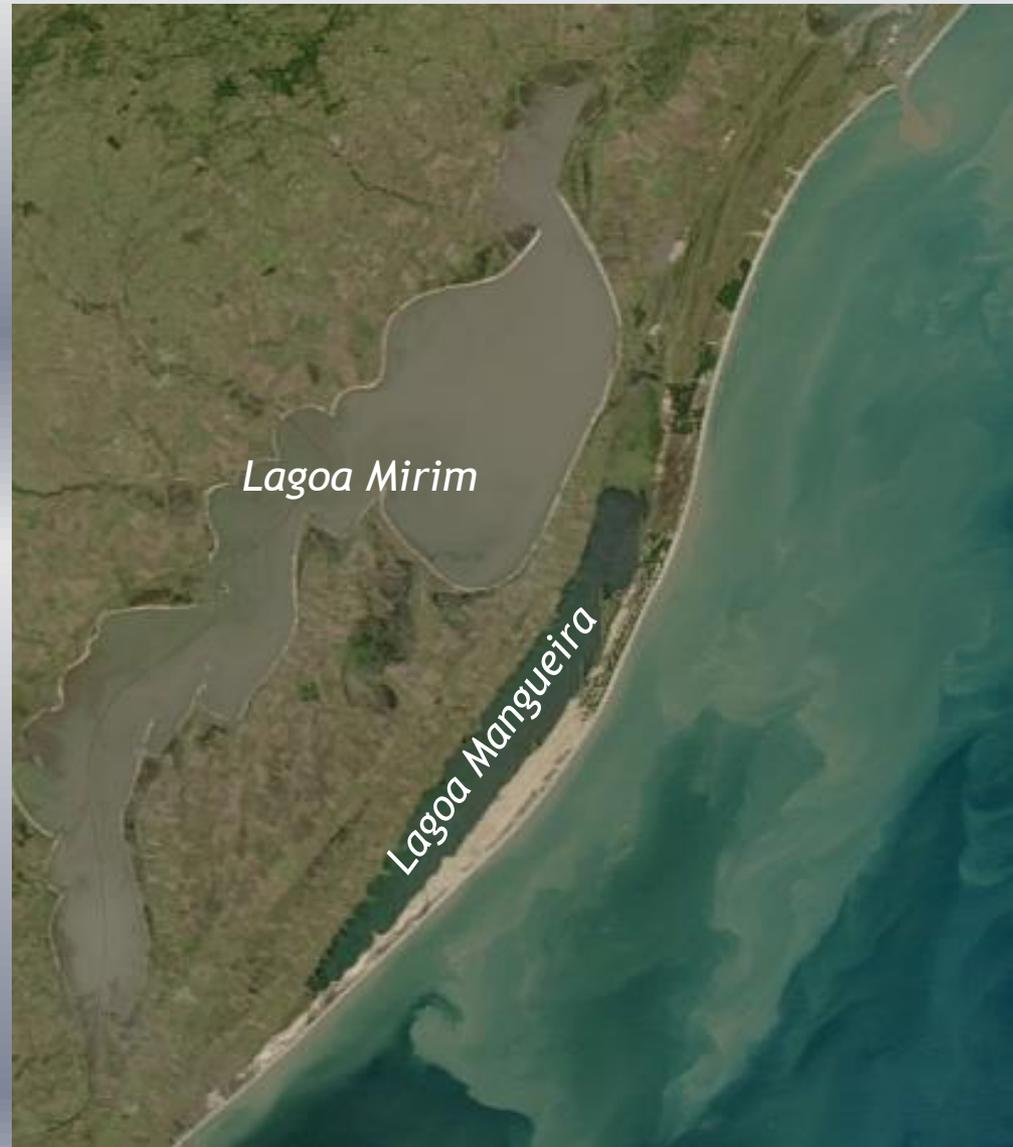
- Competição de superfície: competição sobre superfícies ligantes é um processo muito importante quando partículas são introduzidas na água marinha. É necessário que os sítios de ligação estejam saturados e afinidade do ligante.
- Complexação: de cátions por ânions demonstra-se efetiva na dessorção de metais que tenham afinidades por cloretos ou sulfatos ( Ex: Ca, Pb, Hg e Cd)

Processos Biológicos: uma importante fração das partículas marinhas é composta por organismos vivos

Principais alteração na concentração



O deságue continental e a profundidade da coluna d'água podem alterar os processos de mistura?



## ➤ Processos de mistura e a estratificação na região costeira.

- Próximo a margem continental a circulação é modificada pela presença do continente, o que distingue regimes costeiros daqueles de mar aberto. A densidade da AC é frequentemente menor que da água do mar. As AC possuem uma menor profundidade e o vento pode rapidamente transferir seu momento para o fundo onde a fricção retarda o movimento. A energia cinética é maior nas áreas costeiras que de mar aberto.

Podemos prever as taxas de mistura e mudanças de concentração?

Processos que alteram os fluxos de elementos dissolvidos:

## Difusão e Advecção

Consiste de processos físicos que afetam a concentração do elemento. Mudanças na concentração podem ser descritas por modelos de caixas e equações.

## ➤ Formas de determinar as taxas de mistura horizontal

### Transectos costa – mar:

- A variação da concentração ou atividade ( $A$ ) com o tempo ( $t$ ) em função da distância da costa ( $x$ ) com um traçador conservativo não reativo, em modelo unidimensional pode ser representado através de um balanço entre os processos de advecção e difusão molecular.
- Neste caso podemos utilizar o rádio ( $Ra$ )
- A distribuição de rádio é um balanço entre a difusão molecular e o decaimento radioativo.

$$\frac{dA}{dt} = K_h \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} - \omega \frac{\partial A}{\partial x} - \lambda A$$

- Onde
  - $K_h$  = coeficiente de difusão molecular
  - $\omega$  = coeficiente de advecção molecular
  - Para o cálculo da taxa de mistura, os efeitos laterais são desconsiderados. Se  $K_h$  e  $\omega$  são constantes, a distribuição de um traçador pode ser utilizadas para determinar a importância relativa deste processo no movimento de um sinal (advecção) e na sua respectiva diluição (difusão), quando é predominantemente por difusão molecular.

# ➤ Estudo de caso Windom *et al.* 2007



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Marine Chemistry 102 (2006) 252–266

MARINE  
CHEMISTRY

[www.elsevier.com/locate/marchem](http://www.elsevier.com/locate/marchem)

## Submarine groundwater discharge: A large, previously unrecognized source of dissolved iron to the South Atlantic Ocean

Herbert L. Windom <sup>a,\*</sup>, Willard S. Moore <sup>b</sup>,  
L. Felipe H. Niencheski <sup>c</sup>, Richard A. Jahnke <sup>a</sup>

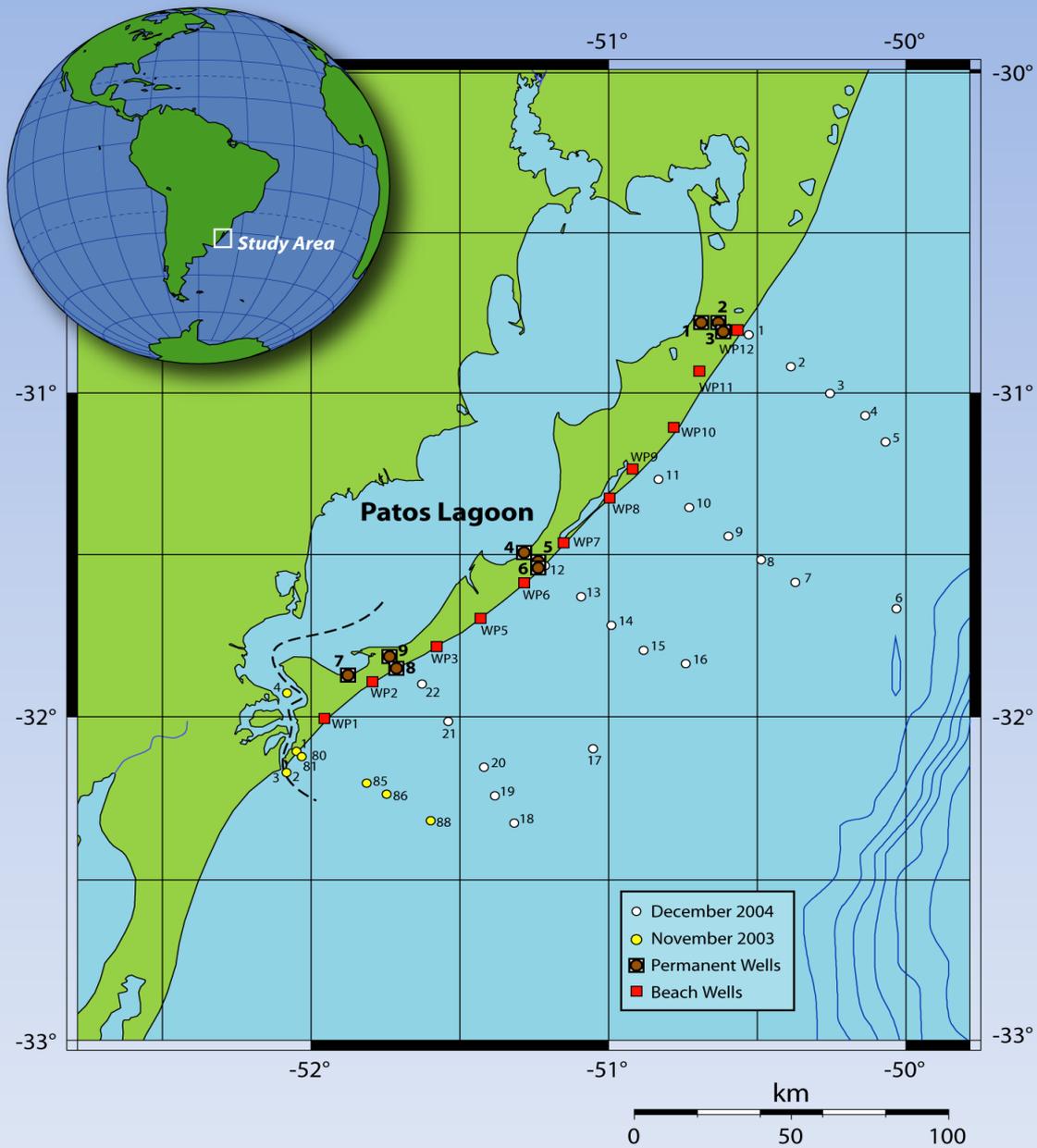
<sup>a</sup> Skidaway Institute of Oceanography, 10 Ocean Science Circle, Savannah, GA 31411, USA

<sup>b</sup> Department of Geological Sciences, University of South Carolina, Columbia, SC 29208, USA

<sup>c</sup> Department of Chemistry, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brazil

Received 9 January 2006; received in revised form 23 June 2006; accepted 26 June 2006

Available online 9 August 2006



Transectos A e B  
apresentaram  
estratificação

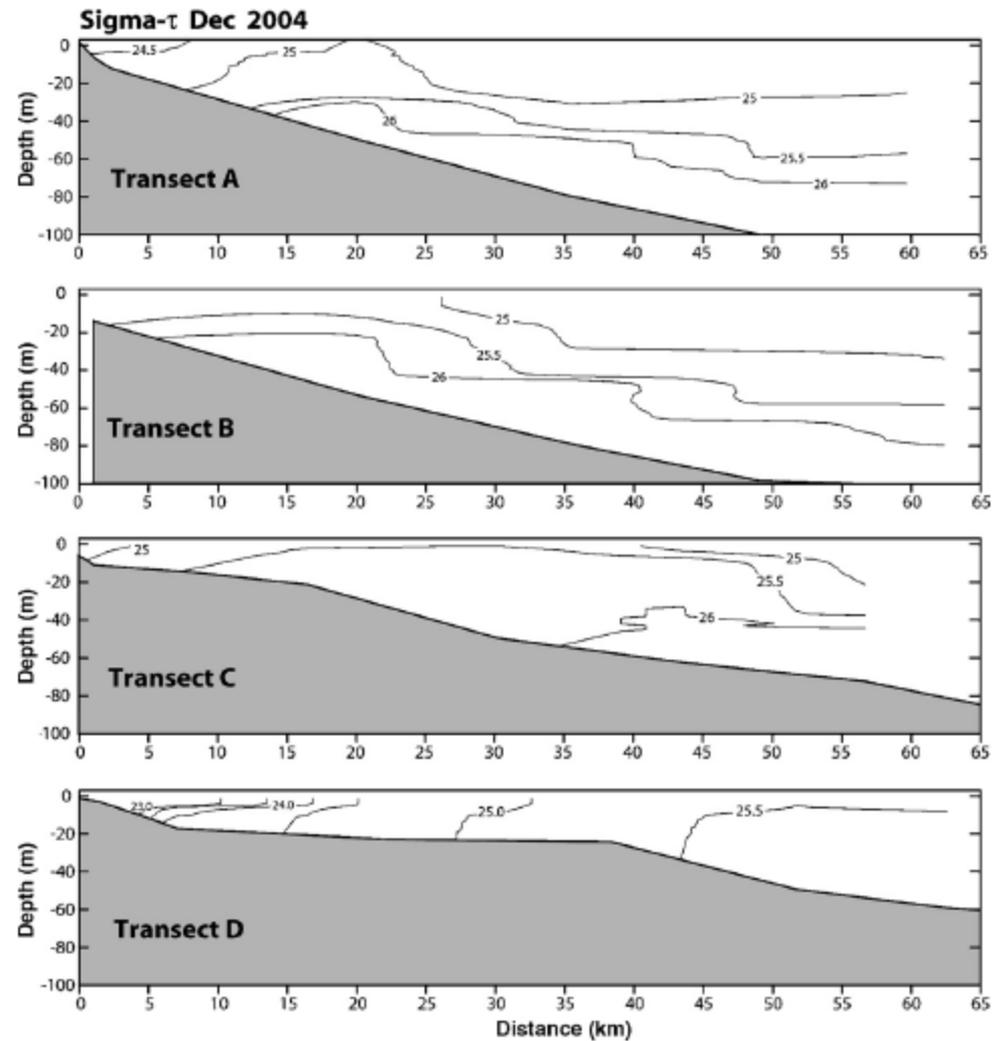


Fig. 5. Sigma- $\tau$  contours, based on CTD casts, along the four offshore transects.

Uso de um elemento traço radioativo para a elucidação dos processos de mistura

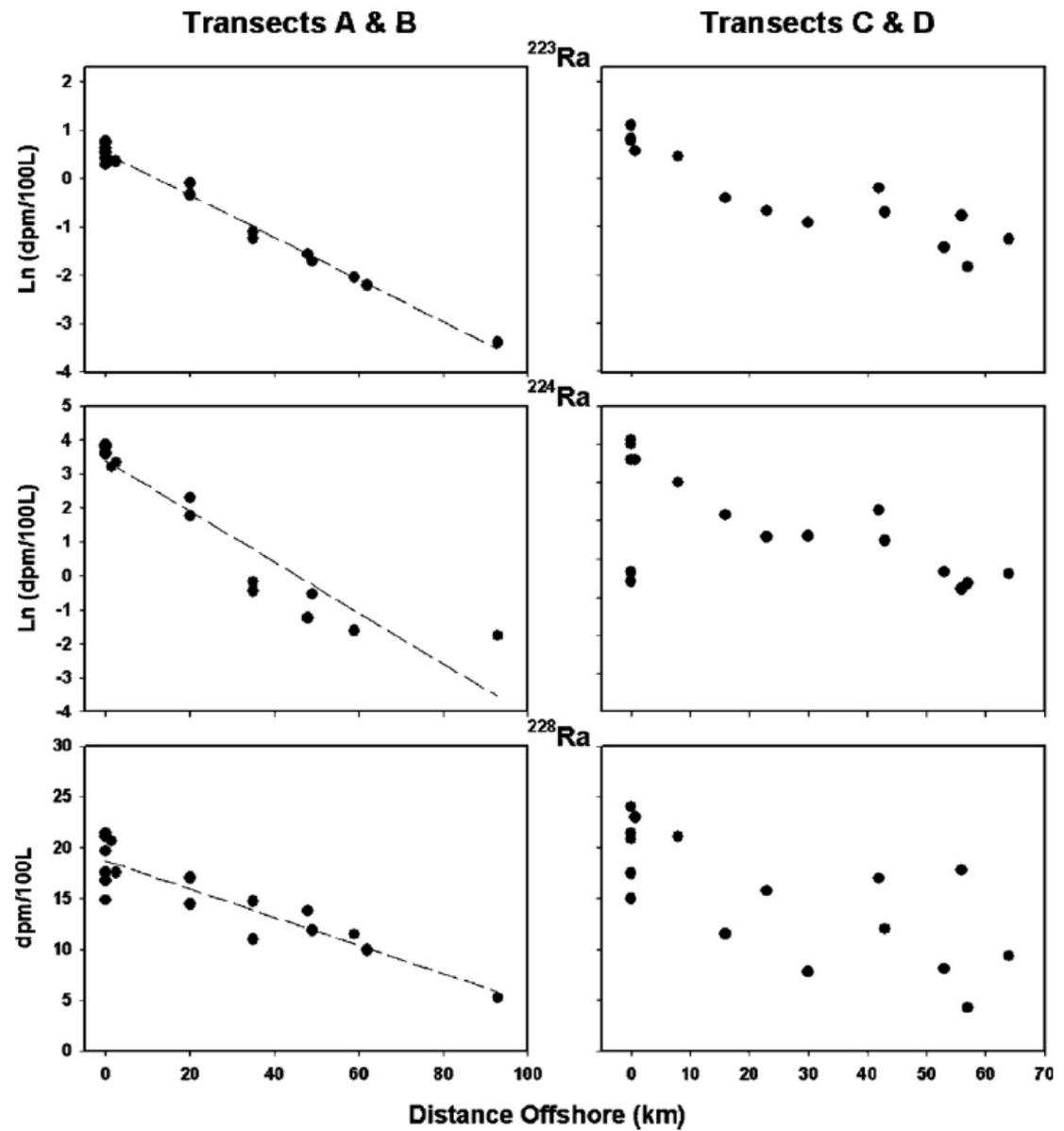


Fig. 6. Variations in cross-shelf concentrations of radium isotopes. For Transects A and B, equations for regression curves are:  $\ln^{223}\text{Ra}=0.519-0.043x$  ( $r^2=.99$ );  $\ln^{224}\text{Ra}=3.39-0.075x$  ( $r^2=.89$ );  $^{228}\text{Ra}=18-0.14x$  ( $r^2=.82$ );  $\ln\text{Fe}=5.5-0.043x$  ( $r^2=.54$ ), where  $x$ =distance offshore in km.



- Isótopos de  $^{223}\text{Ra}$  e  $^{224}\text{Ra}$  curta vida foram utilizados para determinar as taxas de mistura:

$$\ln A_x = \ln A_{x=0} - x(\lambda/K_h)^{1/2}$$

- onde  $A_x$  é a atividade medida a uma distância  $x$ ,  $A_{x=0}$  é a atividade no litoral,  $K_h$  é o coeficiente de mistura, e  $\lambda$  é a constante de decaimento.
- A resolução da equação demonstrou taxas de mistura de  **$338 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$**  e  **$240 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$**  para  $^{223}\text{Ra}$  e  $^{224}\text{Ra}$ , respectivamente.

# Bibliografia:

Martin and Windom. Present and Future Roles of Ocean Margins in Regulating Marine Biogeochemical Cycles of Trace Elements. In. Ocean Margin Processes in Global Change. (1991)

Burton, J.D. & P.S. Liss. Estuarine Chemistry. Academic Press (1976) 229p.

Horne, R.A. Marine Chemistry. John Willey, 1969. 568p.

Ivanoff, A. L'Introduction à l'Océanographie. Vuibert. Paris. Volumes 1. 208p.

Millero, F.J. & M.L. Sohn. Chemical Oceanography. CRC Press. 1992. 531p.

Riley, J.P. & Chester, R. Introduction to Marine Chemistry. London. Academic Press. 1977. 465p.

LIBES, S.M. An Introduction to Marine Biogeochemistry. John Wiley & Sons. 1992. 734 p.

- **Advecção:** É o nome dado a um transporte de constituinte pelo campo de velocidade do meio fluído que o contém.
- **Convecção:** é um transporte vertical induzido por instabilidade hidrostática, ou seja, decorrente de gradientes verticais de densidade.
- **Difusão molecular:** o movimento Browniano espalha as partículas dos constituintes, mesmo que este esteja com o velocidade média nula.
- **Difusão turbulenta:** ocasionado pelo movimento turbulento do fluído.