

Disciplina Dinâmica dos Ecossistemas Marinhos

# DINÂMICA PRAIAL/MARGEM CONTINENTAL: PROCESSOS QUÍMICOS

Profa. Mônica Wallner-Kersanach

Junho 2015

# Conteúdo

- Introdução ao ambiente praial
- O sistema praial
- Fontes de elementos para a praia
- Processos costeiros
- Processo de mistura da água
- Reatividade e especiação química
- Água subterrânea
- Contribuições antrópicas

# Introdução ao ambiente praia



- Praias são áreas com depósito de sedimento localizados na área costeira e na zona de influência das ondas (base de sua formação e extensão sobre a praia) (Figura: sistema praia).
- Critérios essenciais para a formação e uma praia é a presença de um substrato subjacente, sedimento e ondas (marés).

# O sistema praia

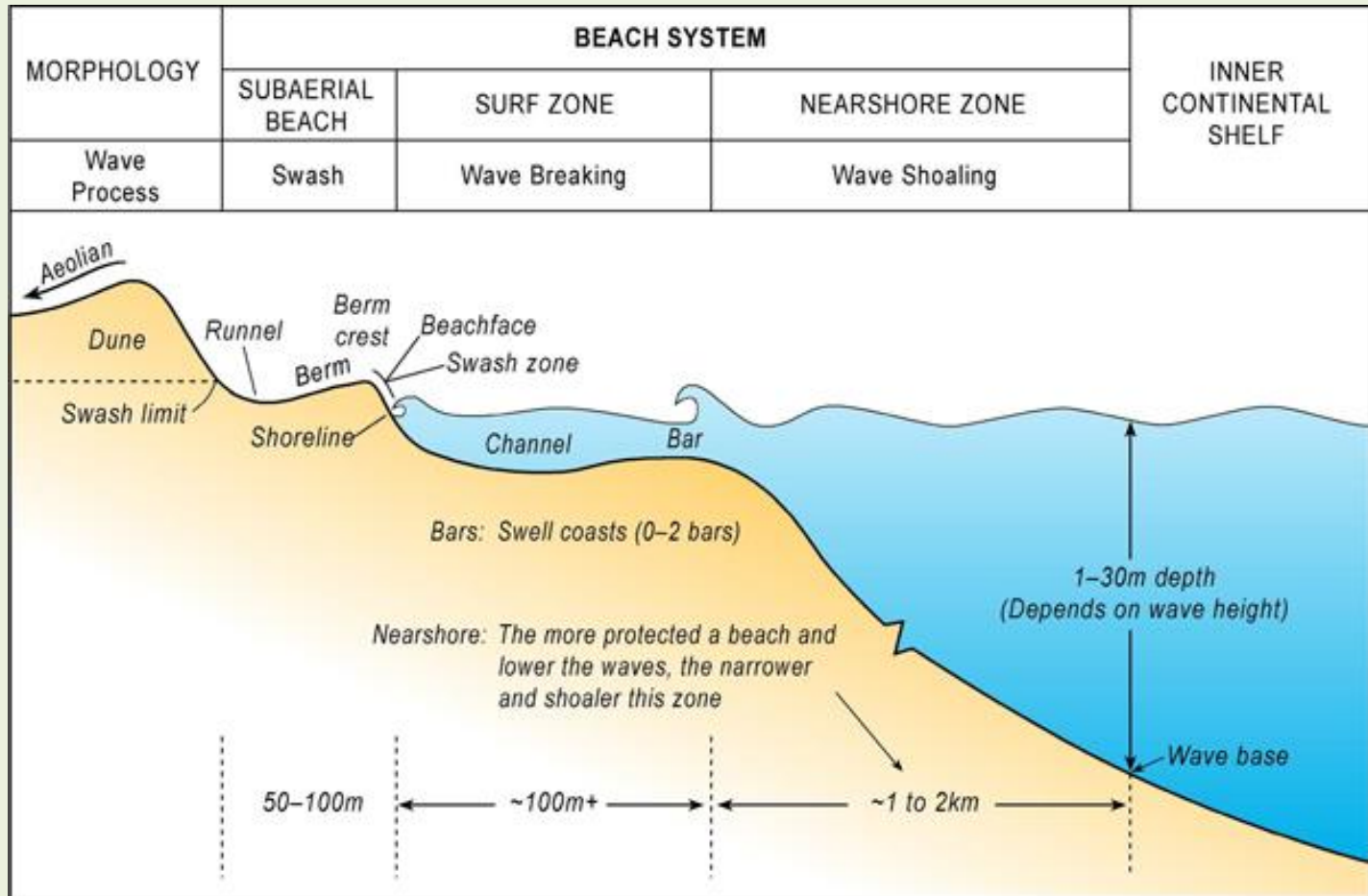


Figure 4.1

An idealised cross-section of a wave-dominated beach system consisting of the swash zone which contains the subaerial or 'dry' beach (runnel, berm, and beach face) and is dominated by swash processes; the energetic surf zone (bars and channels) with its breaking waves and surf zone currents; and the nearshore zone extending out to wave base where waves shoal building a concave upward slope. © 2012 [Nature Education](http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/coastal-processes-and-beaches-26276621) Reprinted with permission from Short & Woodroffe 2009. All rights reserved.



# Processos físicos que influem na distribuição do sedimento e as diferenças na composição química do sedimento e da água da região de praia

- Na zona costeira as ondas são formadas, se quebram e se espalham pela praia após a quebra. Através destes processos elas interagem com o fundo do mar e determinam a morfologia ou forma, processo chamado morfodinâmica praial. A composição química do sedimento e da água pode variar em função do tipo de praia formada, já que o sedimento pode se originar de outras localidades costeiras.
- A menor ou maior liberação de elementos (compostos orgânicos e inorgânicos) do sedimento da praia depende do tipo de praia e da energia das ondas.
- Tipos de praias: sem dominância de marés, com as ondas surgindo na praia uniforme, baixa ou alta energia de ondas.



Praia refletiva



Praia dissipativa

De onde provém as fontes de elementos para as praias e a região costeira em geral?

# Fontes de elementos para as praias

## Continentais naturais

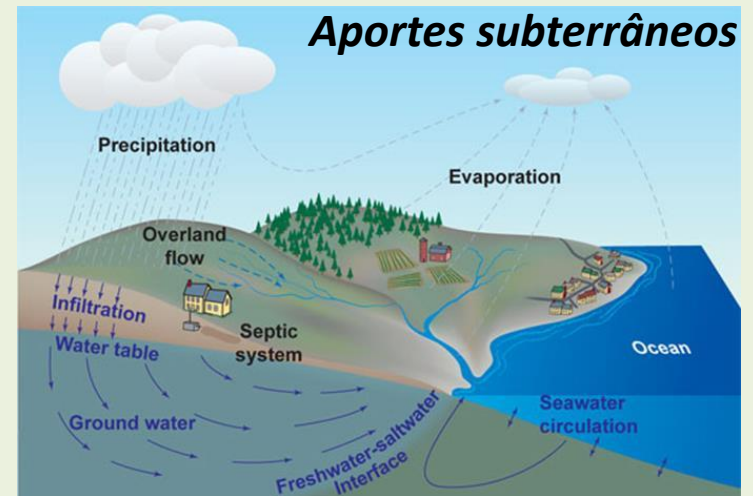


*Rios - através de estuários*

*Deposição atmosférica*



*Sangradouros*



# Comportamento dos elementos ao entrarem no ambiente costeiro

- Diluição
- Difusão
- Dispersão



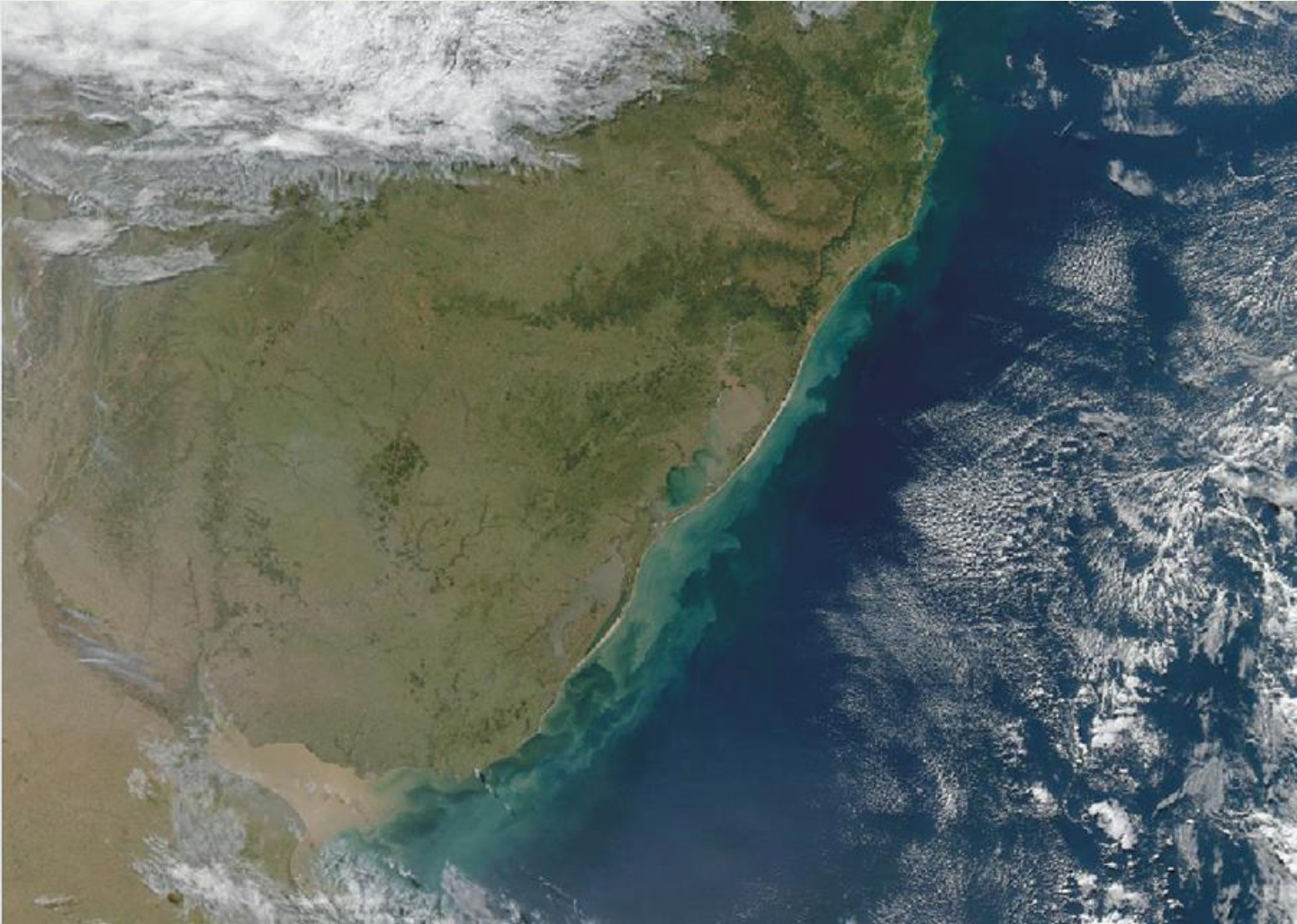
Laguna de los Patos  
Imagen LANDSAT 7  
Fecha: 04/05/2002

Laguna de los Patos  
(norte) Laguna Mirim  
(sur). Imagen SAC-C



Laboratorio de Hidráulica  
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y  
Naturales





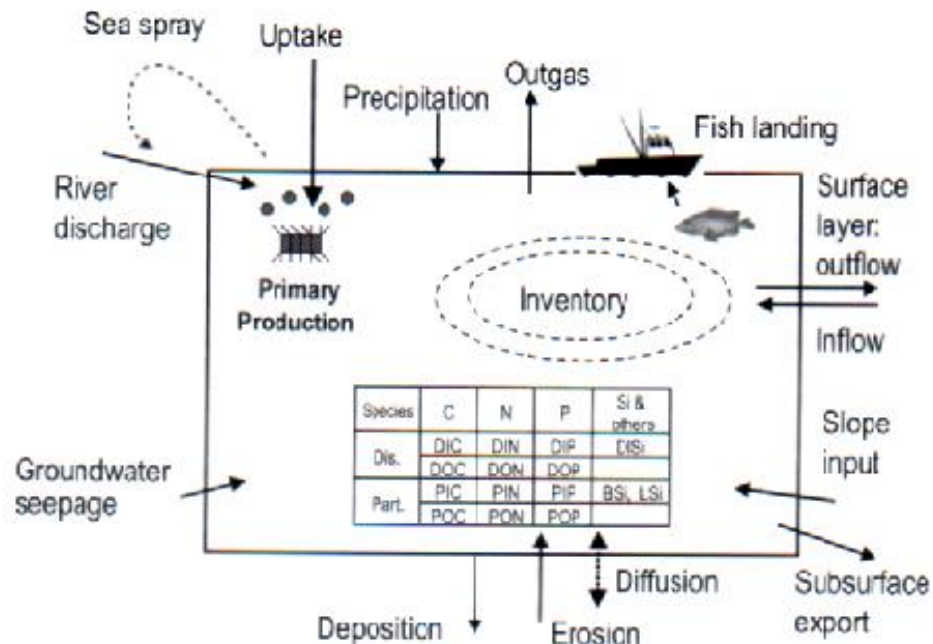
Quais as vias de transporte de nutrientes e elementos químicos em geral para a área costeira?

# Vias de transporte de elementos para a região costeira e fluxos biogeoquímicos nas margens continentais

DIC = carbono inorgânico dissolvido  
 DOC = carbono orgânico dissolvido  
 PIC = carbono inorgânico particulado  
 POC = carbono orgânico particulado  
 (o mesmo refere-se na figura para o N e P)

A margin continental apresenta processos complexos, devido aos diversos aportes. Existem poucas observações neste ambiente.

Altas concentrações de Carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) tanto na fração dissolvida, como particulada são liberados do continente para as praias e a zona em geral costeira.



**Fig. 1.2** The biogeochemical fluxes in continental margins for consideration in regional synthesis. (Refer to Table 1.1 for abbreviations of C, N, and P. BSi and LSi stand for biogenic and lithogenic Si, respectively.)

De que forma os processos costeiros influem na liberação, distribuição e transporte de constituintes (compostos na água)?



# Processos costeiros que transportam, distribuem e liberam elementos

- Ondas – caracterizadas pela seu comprimento, altura (amplitude), velocidade e período; transportam os sedimentos e elementos para a praia e vice-versa;
- Marés – resultado da atração gravitacional exercida na água oceânica pela lua e o sol; favorece a saída de muitos compostos químicos para a região costeira;
- Correntes – o movimento horizontal da água que distribui os elementos;
- Dissolução na linha costeira - a ação de exposição ou não da praia pela água favorece a reação química sobre as rochas, sendo dependente da mineralogia, influenciado pela temperatura , fatores micro-ambientais como atividade orgânica e pH ao longo da costa. Em altas latitudes, o gelo ocasiona um processo significativo de intemperismo.

- Erosão costeira – ondas são agentes erosivos importantes nas áreas de praia, mas seu efeito varia em função de sua energia e característica, além da natureza do material exposto. Libera uma série de elementos químicos para a área costeira.
- Transporte e deposição de sedimento que contribuem com a dispersão de compostos naturais orgânicos e inorgânicos – as principais fontes de sedimento ao longo da costa são:
  - 1) a forma da costa, incluindo falésias (alta contribuição de sedimento, se o sedimento for pouco consolidado) e praias;
  - 2) a zona próxima a costa;
  - 3) o alto mar.



**Falésia**

# Contribuição de sedimento para a praia e diferenças na composição de elementos para a água



Praia de Jericoacoara, Ceará, Brasil.  
Dunas possuem elementos predominantes  
No sedimento como: Si e Al.



Praia da Marinha, Algarve, Portugal.  
Elementos prováveis no sedimento:  
Fe, Mn, Mg, Ca, etc.

A composição das areias ou rochas da praia irão influenciar a composição de elementos na água costeira.

# Estuários

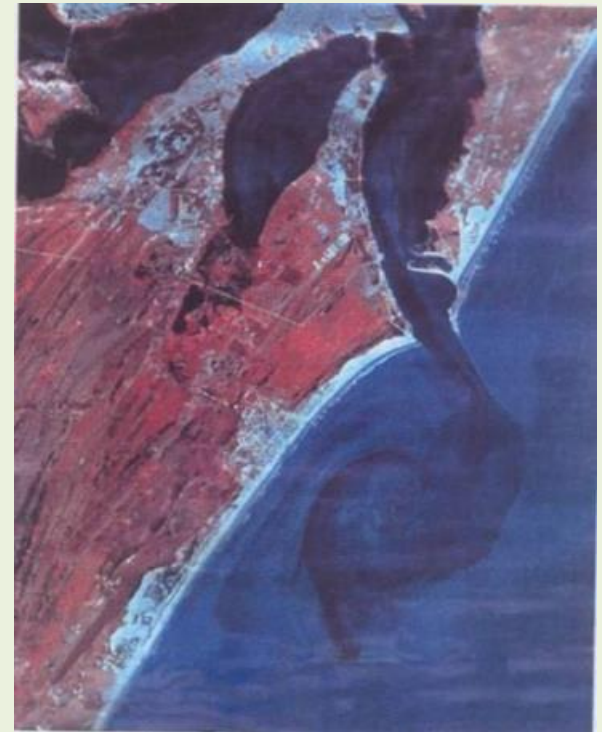
Transporte significativo de elementos químicos do estuário para o mar, sendo muitas vezes evidente a distribuição do sedimento na área costeira e/ou material particulado em suspensão.



The Gasgoyne River delta in Western Australia delivers large volumes of sand to the coast where it is deposited in river mouth shoals and slowly reworked longshore to supply downdrift spits, barriers, and dunes.

© 2012 [Nature Education](#) Courtesy of A. D. Short. All rights reserved.

<http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/coastal-processes-and-beaches-26276621>



A pluma de sedimento sendo transportada do estuário da Lagoa do Patos para o oceano.



- Além do material inorgânico, contribuições de material orgânico dissolvido e particulado são transportados para o mar, representado pela análise de carbono em ambas frações (dissolvido e particulado).



Uma vez chegando ao mar os elementos  
sofrem processos de mistura

# Processo de mistura da água

Fatores que influenciam o processo de mistura da região costeira:

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

Fatores da região oceânica que podem influenciar o processo de mistura na região costeira:

- Ressurgência e subsidência
- Formação de vórtices
- Convergências

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

- Elementos conservativo:

Ra ou sais como Na e Cl;

- Elementos traço não conservativos:

Cu, Fe, Mn, Zn, etc...

- Existe uma forte competição dos metais traço com o  $H^+$  ou cátions maiores como  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  em água do mar, mas também com outros metais traço que podem formar complexos mais estáveis com o ligante em questão. Muitos ligantes potenciais ou quelantes competem com um elemento traço.



# Determinação de taxas de mistura

- Para determinar as taxas de mistura horizontal no mar utiliza-se transectos no sentido costa–mar.
- Os fluxos de elementos dissolvidos são alterados pelos processos físicos de: Difusão e Advecção.
- Um modelo unidimensional pode ser utilizado através de um balanço entre os processos de advecção e difusão molecular.
- Utiliza-se um traçador conservativo não reativo como o Rádio ( $Ra$ ) sendo a variação da concentração ou atividade ( $A$ ) com o tempo ( $t$ ) em função da distância da costa ( $x$ ).
- A distribuição de rádio é um balanço entre a difusão molecular e o decaimento radioativo.

# Reatividade química

- Os elementos químicos não conservativos entrando na água costeira reagem com outros elementos, originando reações de
  - dissolução;
  - sorção (absorção e adsorção) interação de substâncias no interior ou na superfície de outras.)
  - dessorção (contrário da sorção);
  - competição;
  - complexação e
  - incorporação biológica.
- Adsorção de metais dissolvidos em fases sólidas (partículas) ocorrem principalmente em rios e estuários, mas chegando ao mar estes elementos são liberados destas fases sólidas, que ocorrem através de dissolução e dessorção. sim como a sua liberação destas fases sólidas,

# Especiação química

- O termo especiação refere-se a forma como o elemento ocorre, ou seja, a forma molecular do átomo de um elemento ou grupos de átomos de diferentes elementos numa determinada matriz.

Exemplo:

Espécie química	Matriz	Espécie combinada
$\text{Hg}^{++}$	água do mar	$\text{HgCl}_4^{--}$
$\text{Al}^{+++}$	água do mar	$\text{Al}(\text{OH})_3^0, \text{Al}(\text{OH})_4^-$

# Incorporação biológica

- A presença de nutrientes e elementos traço na água favorece o crescimento dos organismos.
- Evidências de florações na zona de arrebentação de praias pode ser um indicativo de presença abundante de tais compostos que se tornam diretamente disponível para a incorporação biológica.
- A fonte de tais elementos provém apenas de aporte continental através de estuários? Quais as implicações?



**Florações de microalgas ao longo da arrebentação das ondas**

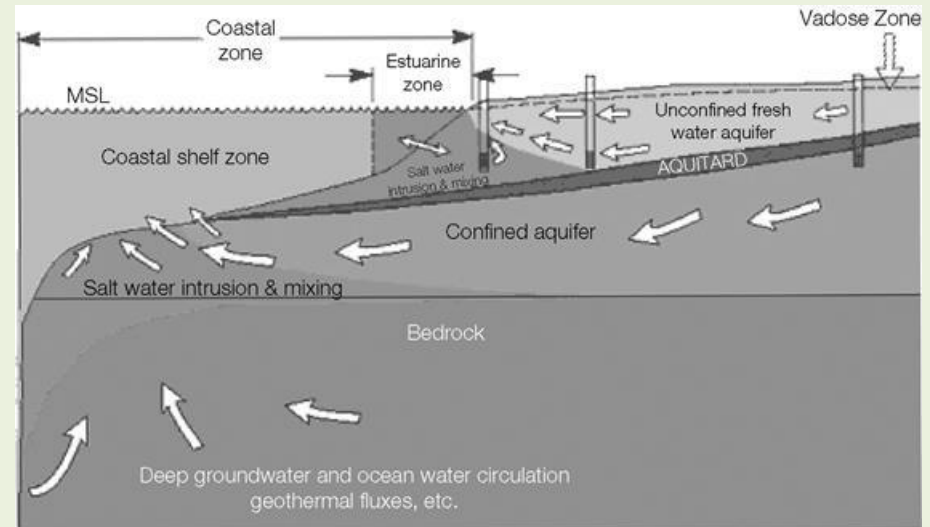
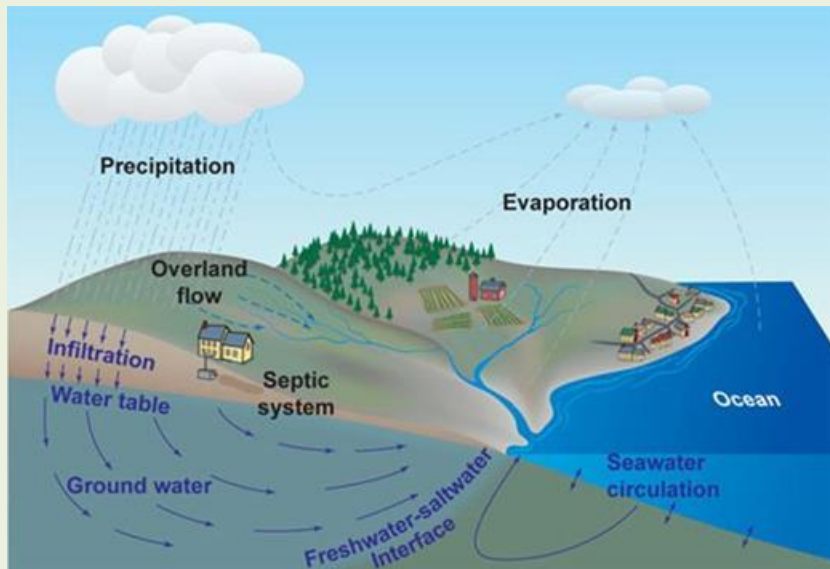




AUG 27 2011

Será que apenas a contribuição de elementos químicos naturais provenientes de estuários suportam a produtividade de uma área costeira?

# Água subterrânea como importante contribuição de elementos para o oceano e aumento da produtividade na zona costeira





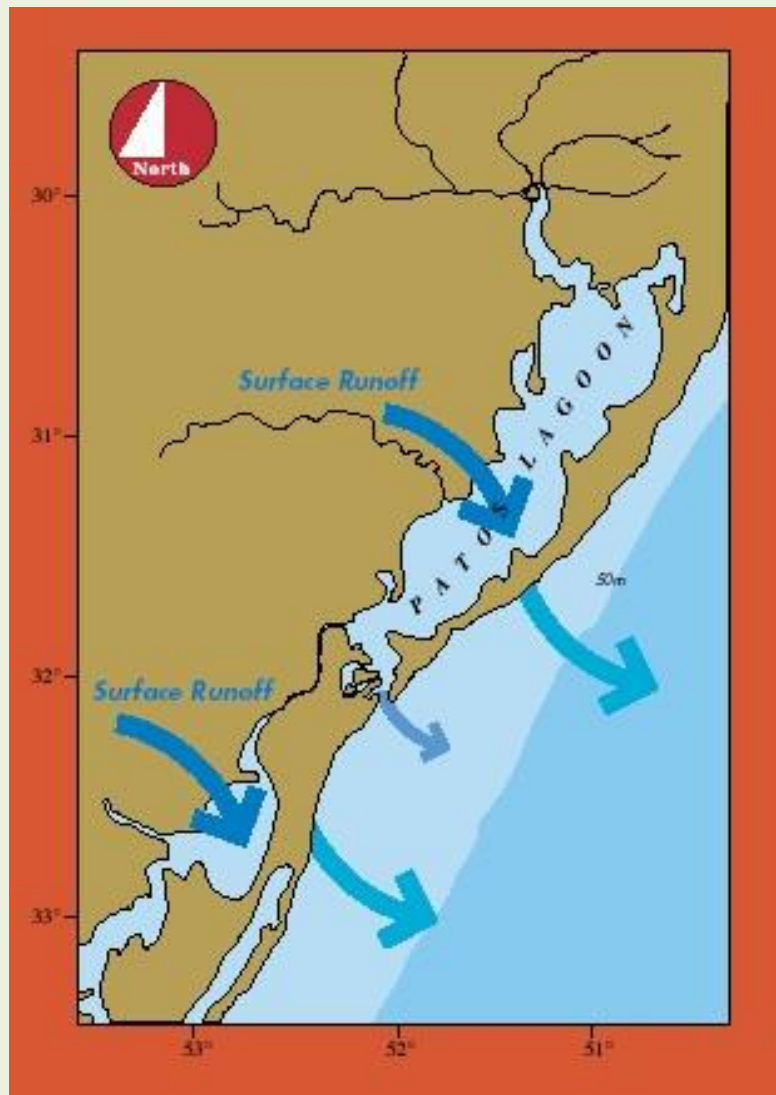
# Barreiras arenosas costeiras – como fontes de compostos orgânicos e inorgânicos para o mar



A coastal sand barrier consisting of a beach and vegetated dunes, backed by a lagoon, at Big Beach, Queensland, Australia.

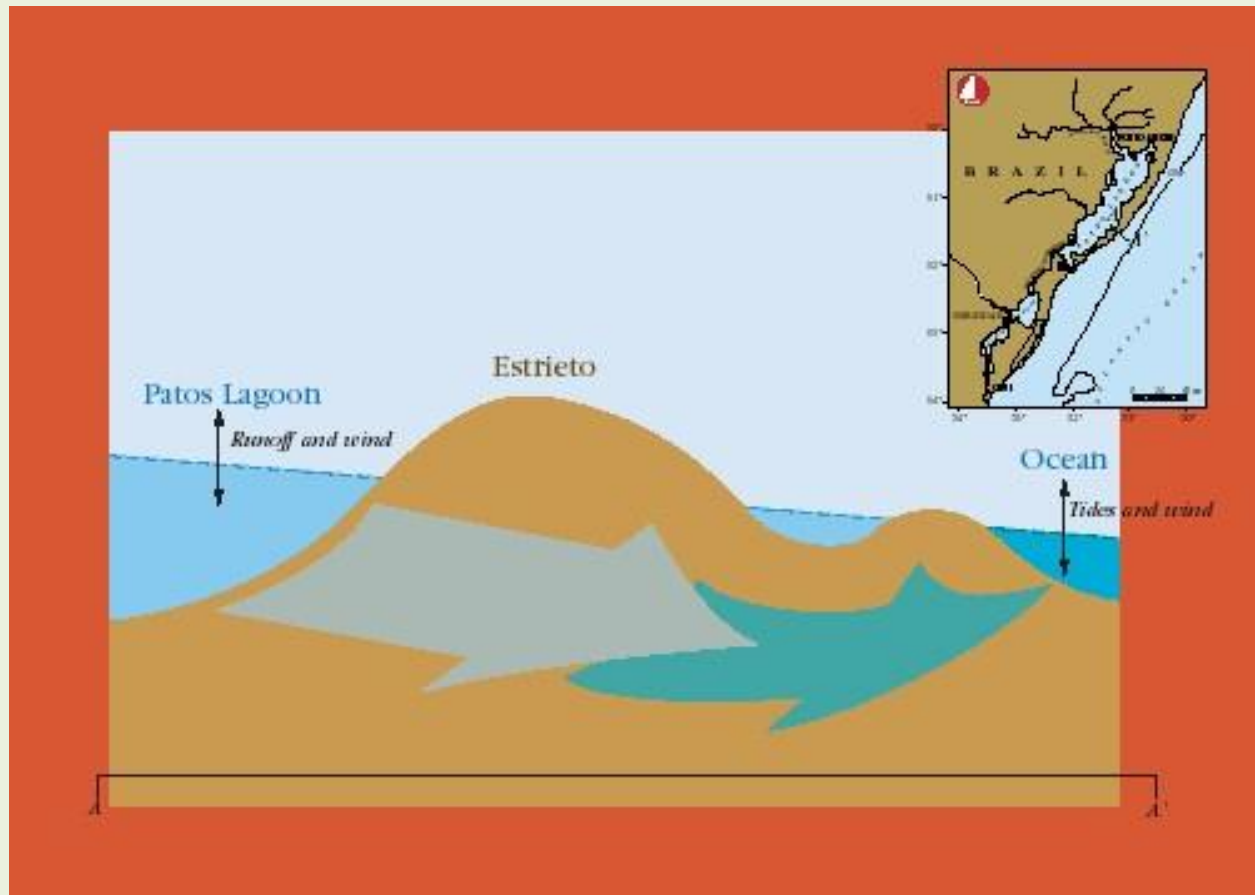
© 2012 [Nature Education](#) Courtesy of A. D. Short. All rights reserved.

Barreiras arenosas nas áreas costeiras do RS.





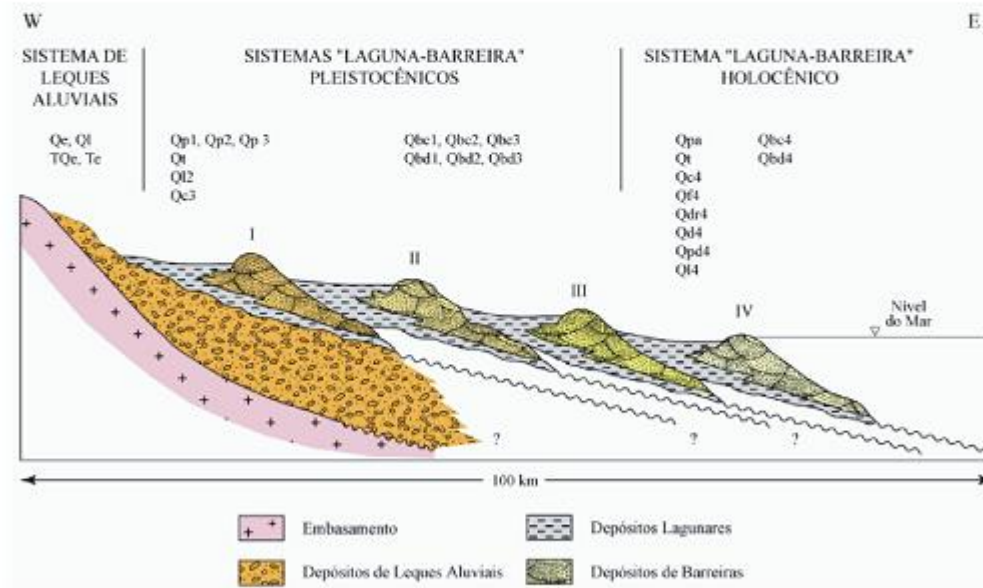
Contribuição da água subterrânea da Lagoa dos Patos para o oceano, através da água subterrânea.



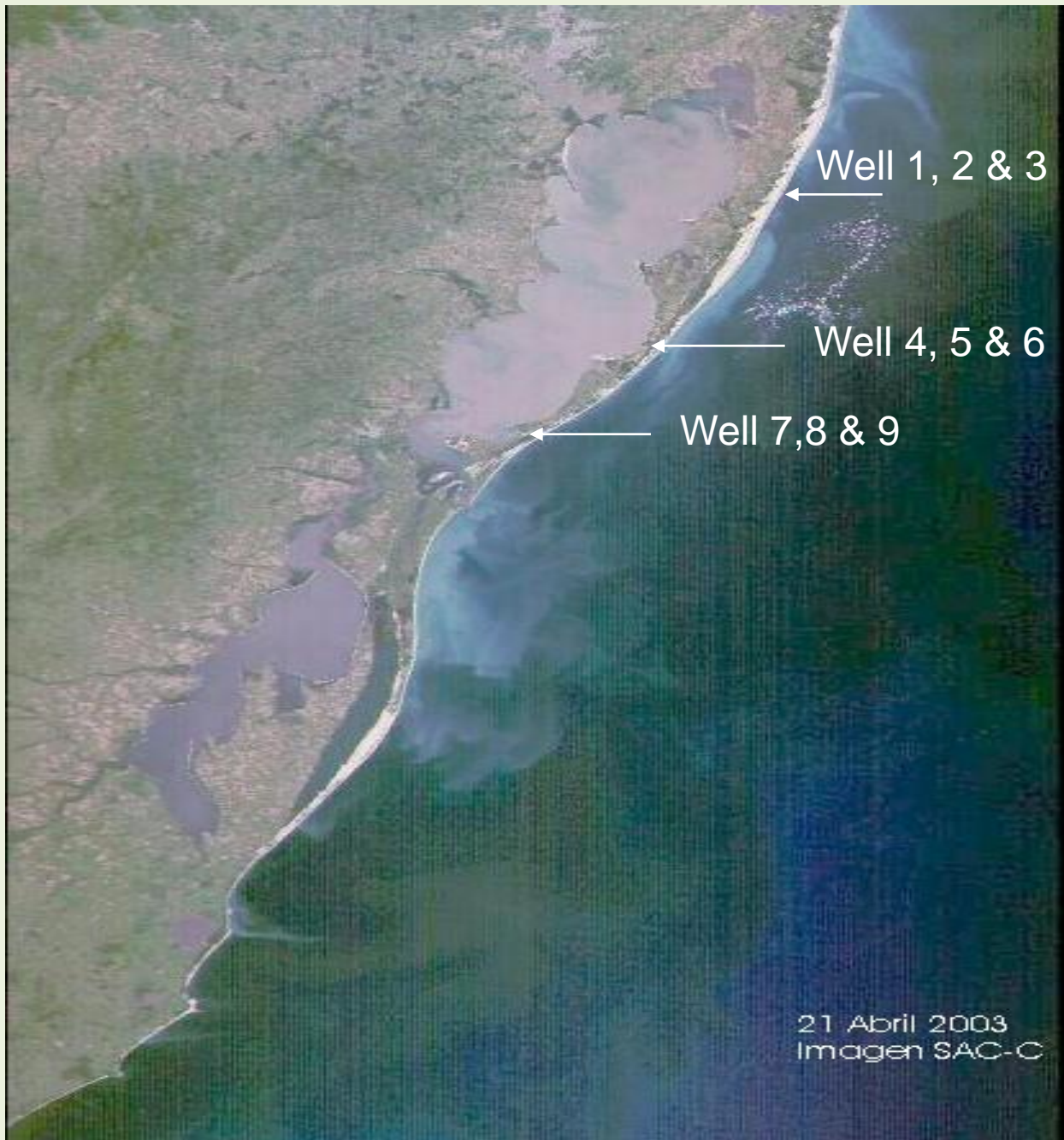
# Formação e desenvolvimento das barreiras arenosas do RS.

## 4.4 HIPÓTESE

O mecanismo básico de formação e desenvolvimento das diferentes barreiras arenosas da costa do Rio Grande do Sul condicionou a formação de sistemas lagunares e hoje pode estar afetando o transporte de água subterrânea da região, e conseqüentemente as águas superficiais. O sistema de barreiras geológicas pode ser visualizado na Figura 4.



Fonte: (Tomazelli e Villwock, 2005)



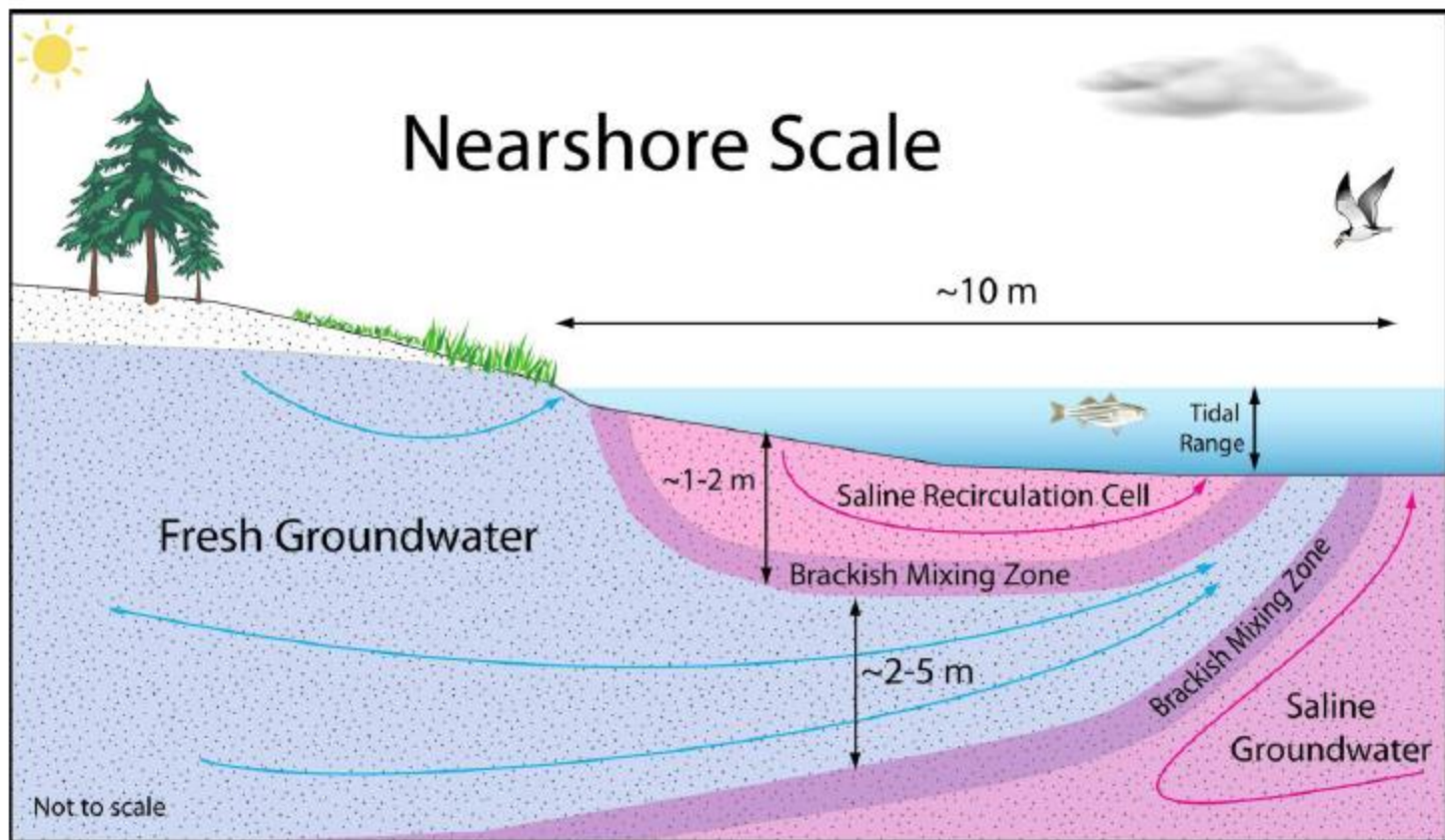
Well 1, 2 & 3

Well 4, 5 & 6

Well 7,8 & 9

21 Abril 2003  
Imagen SAC-C

# Formas de contribuição da água subterrânea para a área costeira



**Figure 1.** Schematic diagram of the nearshore scale of submarine groundwater flow and discharge showing the intertidal recirculation cell and the zone of discharge of reduced-salinity water beyond the low-tide line. The widths and thicknesses of the zones of flow and discharge shown could vary significantly on the basis of local conditions.



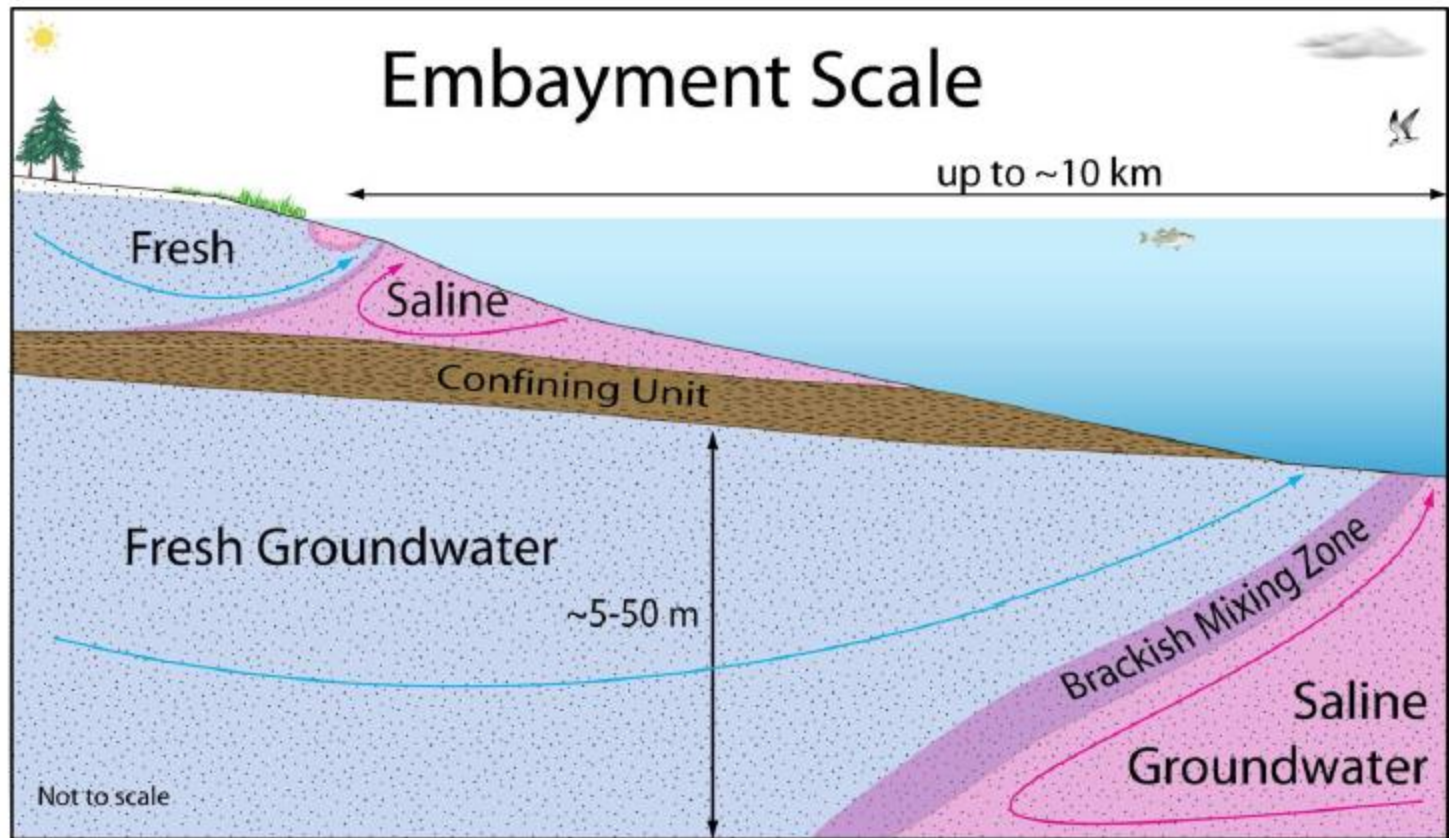
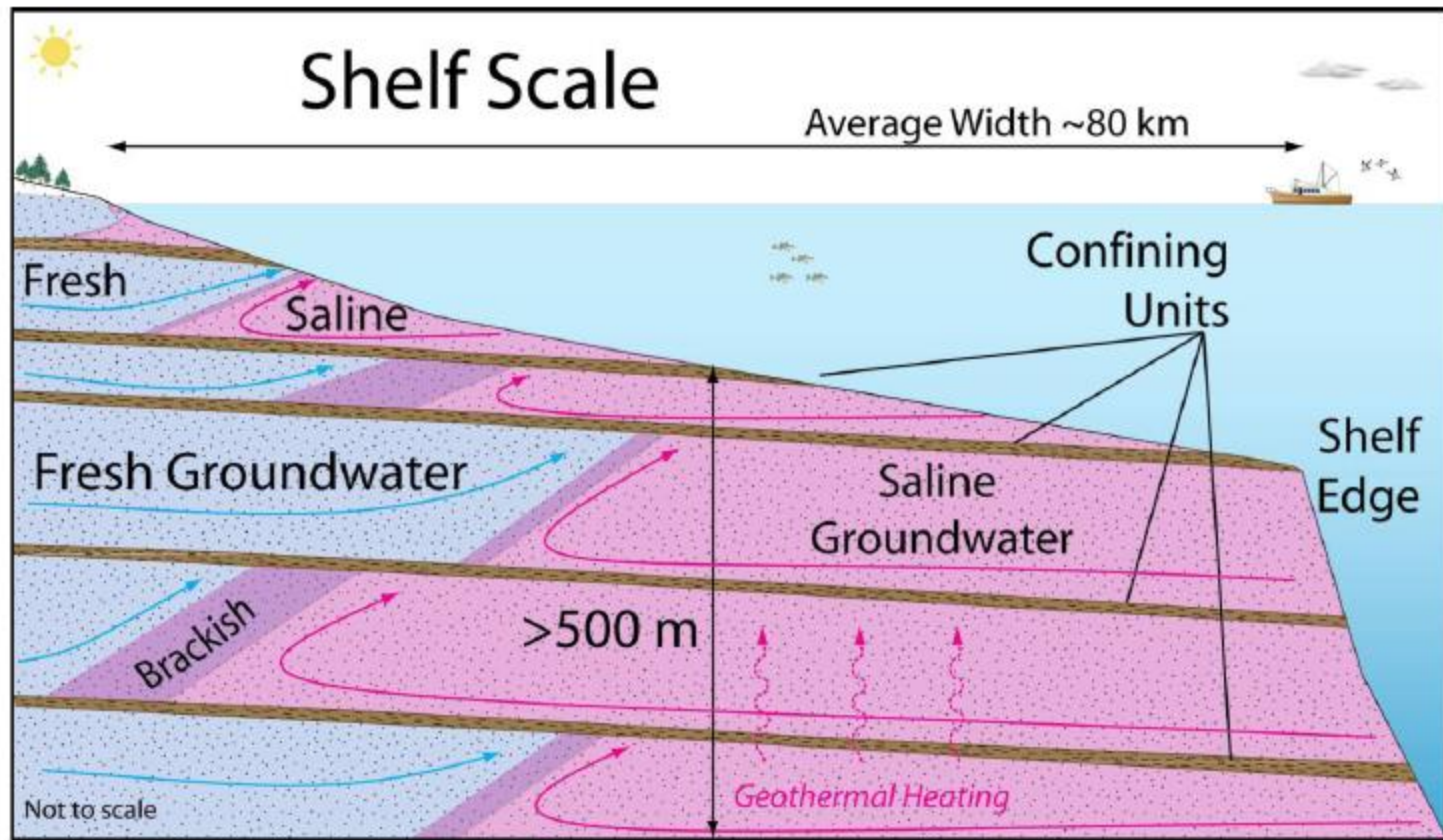
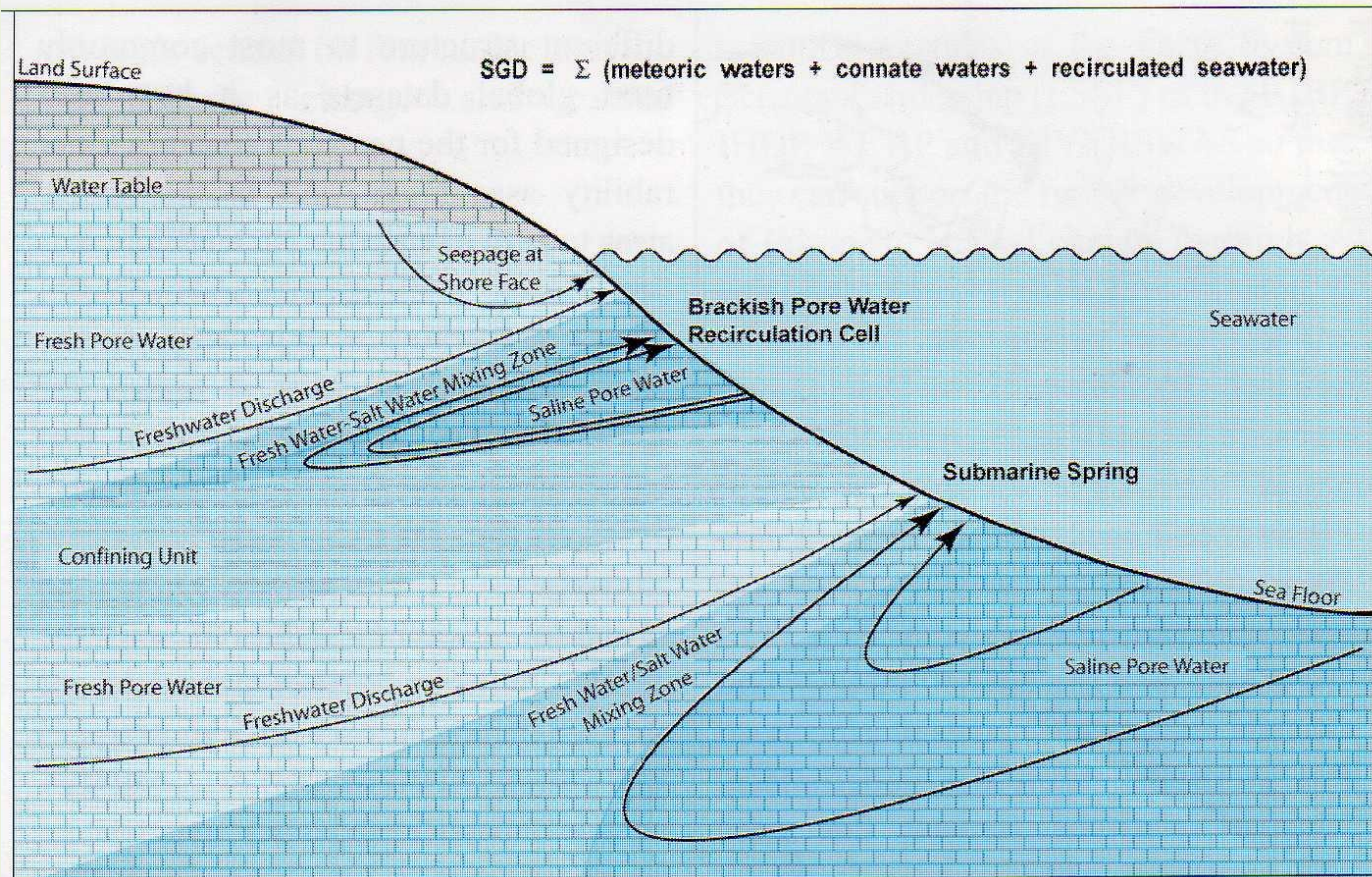


Figure 2. Schematic diagram of the embayment or inner-shelf scale of submarine groundwater flow and discharge showing submarine flow of low-salinity water in the first confined aquifer and the zone of offshore discharge beyond the edge of the submarine confining unit.



**Figure 3.** Schematic diagram of the continental-shelf scale of submarine groundwater phenomena showing the variable position of the fresh-saline interface in multiple confined aquifers on the shelf, the variable widths of the mixed zone at the interface, the flow of saline water inward from the exposed edges of confined aquifers, and the upward movement of saline groundwater induced by geothermal heating at depth.





**Figure 1** Diagrammatic cross-sectional view of a coastal zone, illustrating the types and pathways of fluid movements that may result in interactions between groundwater and surface waters (diagram courtesy of Peter Swarzenski, USGS Open File Report 2004-1369).



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





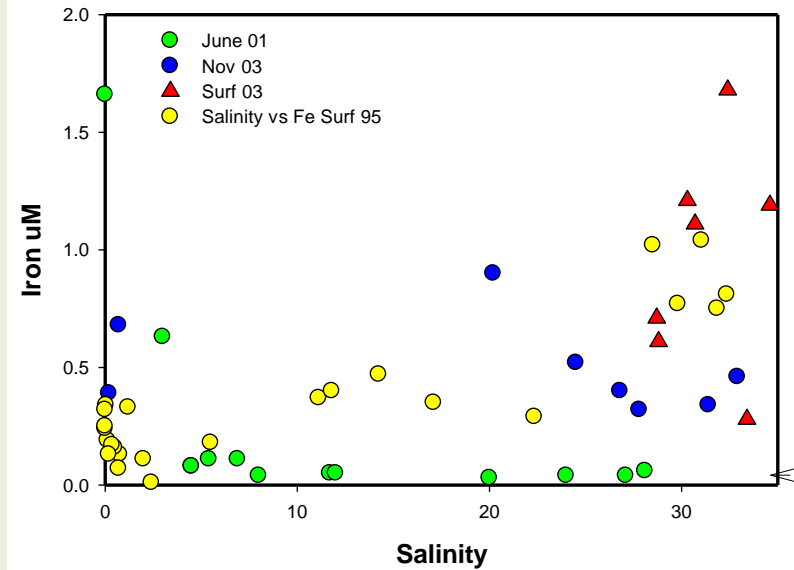
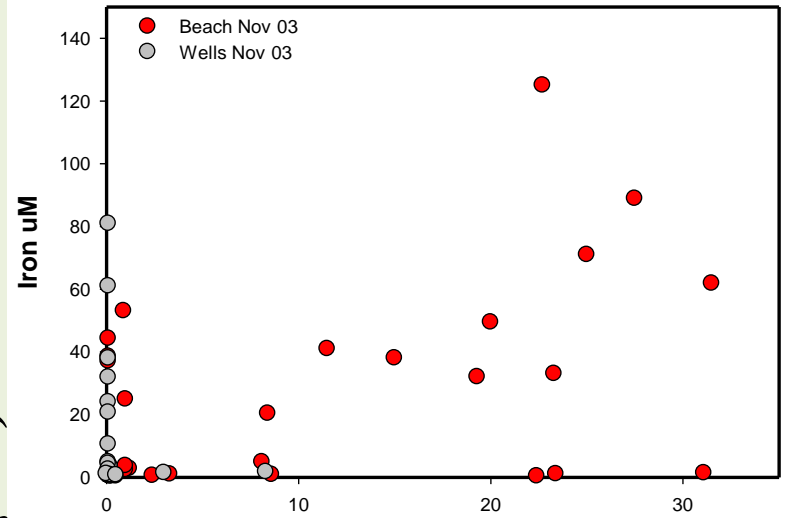
Fonte de Fe para o oceano  
proveniente da água subterrânea

2006 11 2





# Iron ( $\mu\text{M}$ )





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>

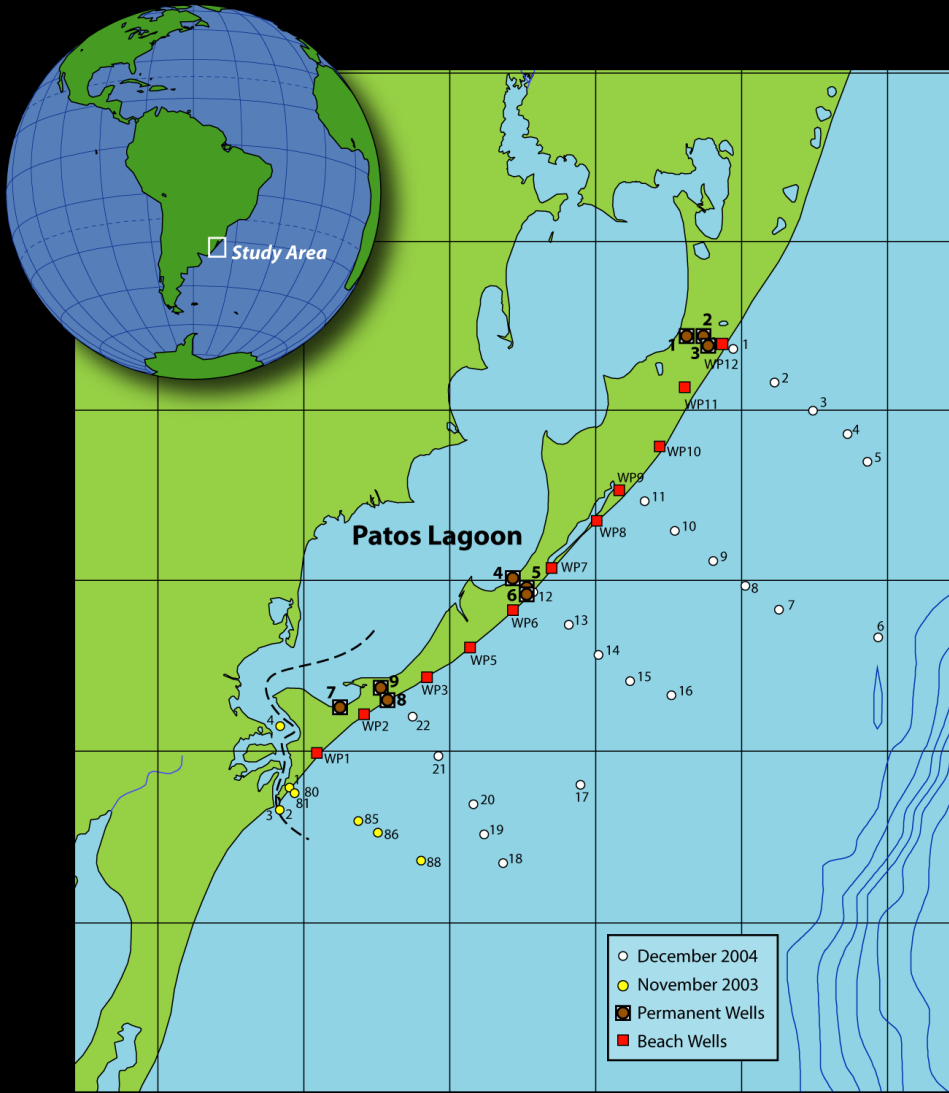
<sup>a</sup> *Skidaway Institute of Oceanography, 10 Ocean Science Circle, Savannah, GA 31411, USA*

<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



O elemento Ra indica o processo de mistura da água doce com a salgada. Diluição do Ra a medida que aumenta a salinidade.

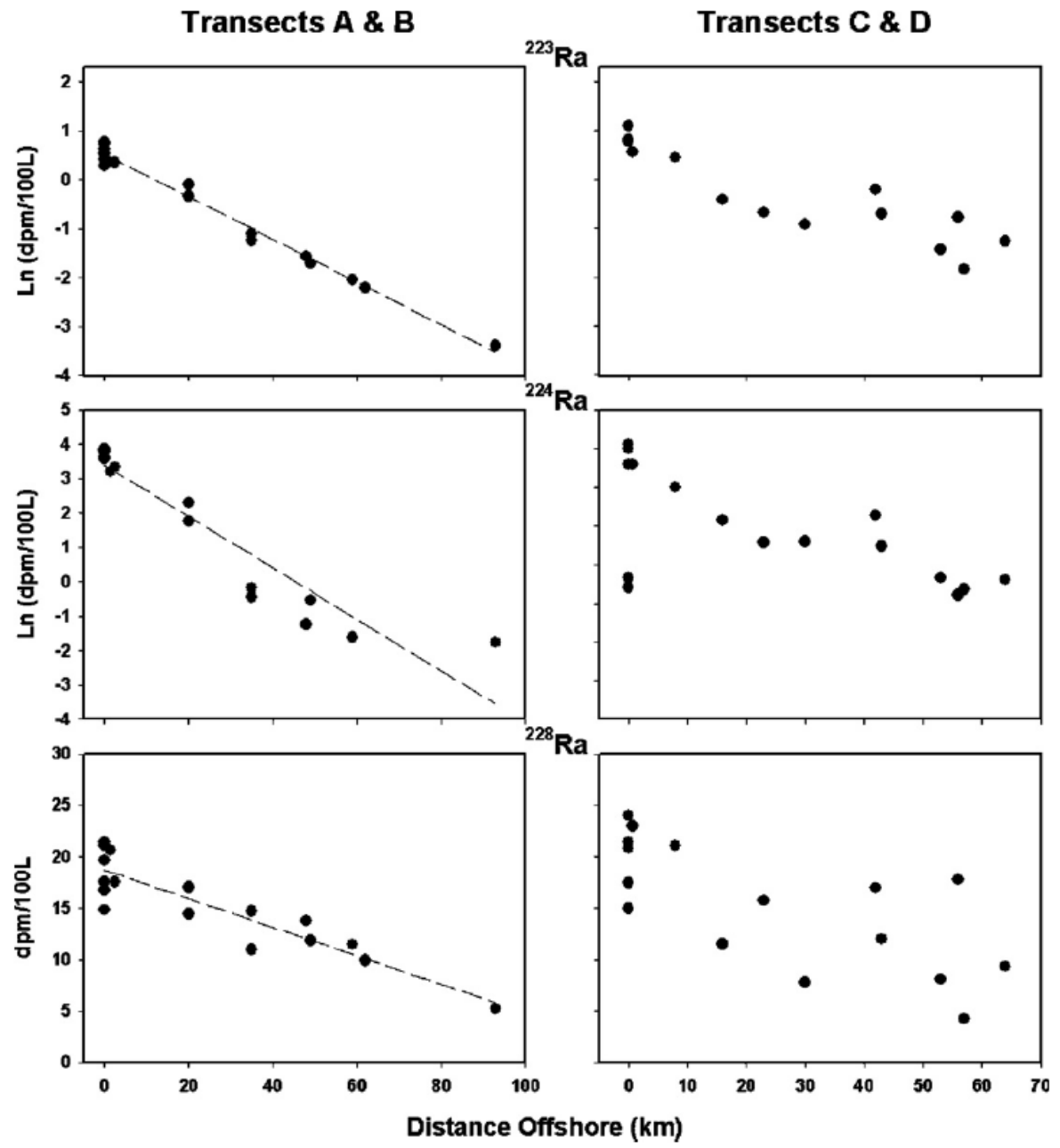


Fig. 6. Variations in cross-shelf concentrations of radium isotopes. For Transects A and B, equations for regression curves are:  $\ln^{223}\text{Ra}=0.519 - 0.043x$  ( $r^2=.99$ );  $\ln^{224}\text{Ra}=3.39 - 0.075x$  ( $r^2=.89$ );  $^{228}\text{Ra}=18 - 0.14x$  ( $r^2=.82$ );  $\ln\text{Fe}=5.5 -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

O processo de mistura indica decréscimo significativo do Fe, sentido costa-mar.

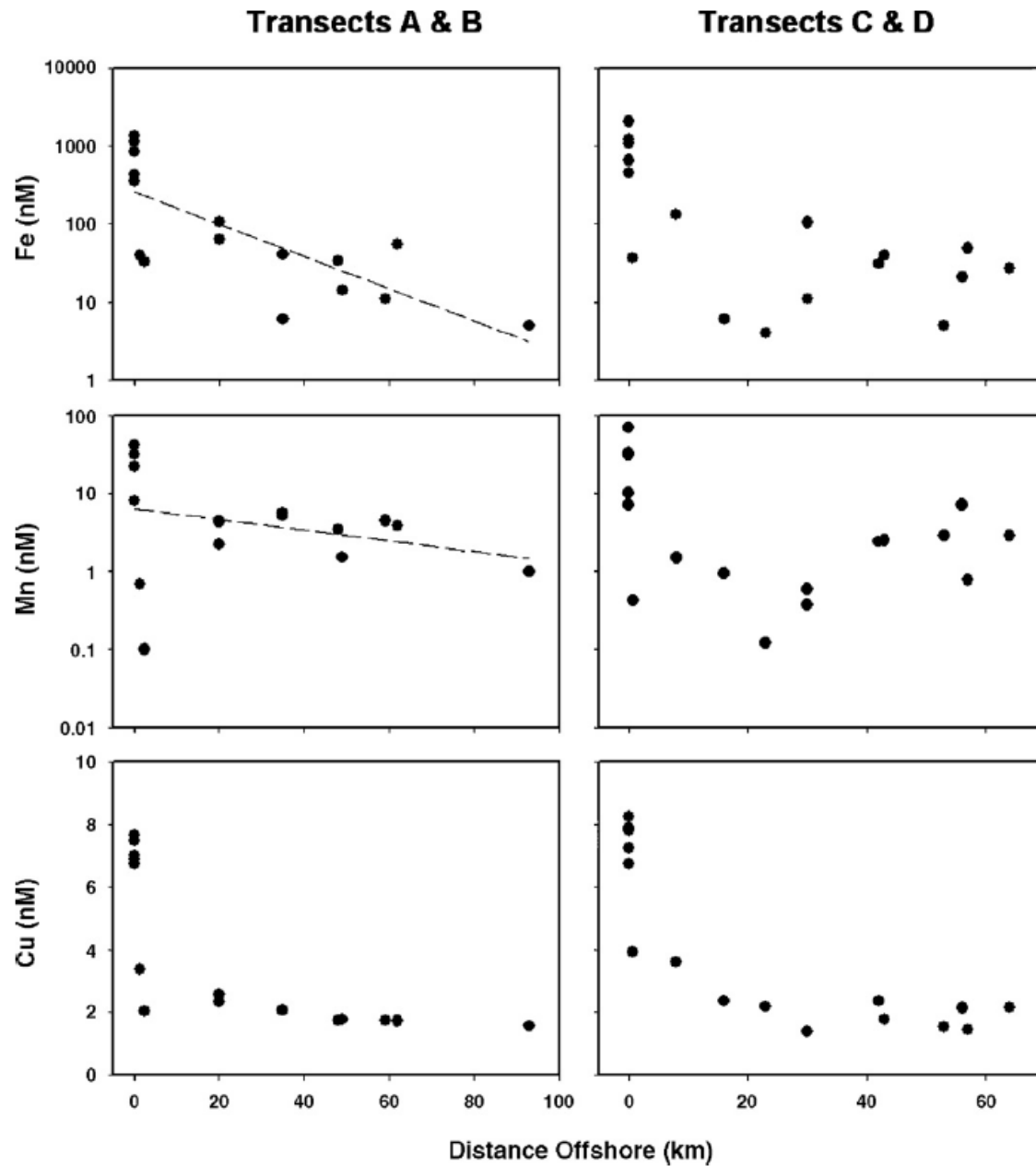


Fig. 7. Cross-shelf variations in dissolved Fe, Mn and Cu. The line shown in the Fe vs. distance plot for Transects A and B is the regression curve which follows the equation:  $\ln \text{Fe} = 5.4 - 0.044 \cdot \text{distance}$ .



## Submarine groundwater discharge of nutrients to the ocean along a coastal lagoon barrier, Southern Brazil

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

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

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

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

Received 6 March 2007; received in revised form 31 May 2007; accepted 8 June 2007

Available online 20 June 2007

### Abstract

The Patos–Mirim Lagoon system along the southern coast of Brazil is linked to the coastal ocean by a narrow mouth and by groundwater transport through a Holocene barrier. Although other groundwater systems are apparently active in this region, the hydraulic head of the lagoon, the largest in South America, drives groundwater transport to the coast. Water levels in wells placed in the barrier respond to changing water level in the lagoon. The wells also provide a measure of the nutrient concentrations of groundwater flowing toward the ocean. Additionally, temporary well points were used to obtain nutrient samples in groundwater on the beach face of the barrier. These samples revealed a subterranean freshwater–seawater mixing zone over a ca. 240 km shoreline. Previously published results of radium isotopic analyses of groundwater and of surface water from cross-shelf transects were used to estimate a water flux of submarine groundwater discharge (SGD) to nearshore surface waters of  $8.5 \times 10^7$  m<sup>3</sup>/day. Using this SGD and the nutrient concentrations in different compartments, nutrient fluxes between groundwater and surface water were estimated. Fluxes were computed using both average and median reservoir (i.e. groundwater and surface water) nutrient concentrations. The SGD total dissolved inorganic nitrogen, phosphate and silicate fluxes ( $2.42$ ,  $0.52$ ,  $5.92 \times 10^6$  mol day<sup>-1</sup>, respectively) may represent as much as 55% (total N) to 10% (Si) of the nutrient fluxes to the adjacent shelf environment. Assuming nitrogen limitation, SGD may be capable of supporting a production rate of ca. 3000 g C m<sup>-2</sup> year<sup>-1</sup> in the nearshore surf zone in this region.

© 2007 Elsevier B.V. All rights reserved.

**Keywords:** Nutrients; SGD; Groundwater; Coastal; Marine; Brazil; S. Atlantic Ocean

### 1. Introduction

There is a growing body of evidence indicating the importance of groundwater pathways for the transport of

solutes in permeable sediments and aquifers at the land–sea boundary. Inputs may consist of freshwater, seawater–freshwater mixtures and/or recirculated seawater; these are collectively referred to as submarine groundwater discharge (SGD).

Whether SGD originates in freshwater aquifers or includes, or is dominated by infiltrated seawater, its effect on the coastal ocean can be significant. Groundwater discharge from coastal aquifers can transport material to the ocean from land, in addition to rivers, and

\* Corresponding author.

E-mail addresses: [dqmbidro@furg.br](mailto:dqmbidro@furg.br) (L.F.H. Niencheski), [herb.windom@skio.usg.edu](mailto:herb.windom@skio.usg.edu) (H.L. Windom), [moore@mail.geol.sc.edu](mailto:moore@mail.geol.sc.edu) (W.S. Moore), [rick.jahnke@skio.usg.edu](mailto:rick.jahnke@skio.usg.edu) (R.A. Jahnke).



**Floração de água subterrânea  
na região das dunas da praia**



2002 10 22



Poço artesiano antigo e a presença de macroalgas, indicando a riqueza da água subterrânea em termos de nutrientes.









# Contribuições antrópicas visíveis na praia



Praia do Hermenegildo e surgimento de espuma durante frentes com vento sul por longo tempo (fenômeno natural e não antrópico).

- Espuma amarelada proveniente do excesso de decomposição de matéria orgânica (pode ser de fonte natural e antrópica);
- Espuma branca indica contaminação por detergente.



Deposição atmosférica



© ZAK NOYLE/A-FRAME

A decomposição de resíduos sólidos libera uma série de compostos orgânicos na água.

ZakNoyle/AFramePhoto



# Bibliografia

- Libes, S. M. 2009. Introduction of the Marine Biogeochemistry. Second Edition, Elsevier, California, USA, 909p.
- Liu, K-K; Atkinson, L.; Quinones & Talaue-Mcmanus, L. (Eds.) 2010. Carbon and fluxes in continental margins. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 741 p.
- Millero, F. J. 1996. *Chemical Oceanography*. Second Edition, CRC Press, Flórida.
- Pilson, M. E. Q. 2013. An Introduction to the Chemistry of the Sea. Cambridge University Press, UK, 524 p.