

**FLUXOS SUBTERRANEOS DE NUTRIENTES E METAIS TRAÇO PARA A
LAGOA MANGUEIRA (RS)**

Idel Cristiana Bigliardi Milani¹; Carlos Francisco de Andrade²; Karina Kammer Attisano³; L. Felipe Hax Niencheski⁴, Isaac Rodrigues dos Santos⁵ & William Burnett⁶

Resumo – Nós investigamos a distribuição do traçador geoquímico natural (^{222}Rn) na coluna d'água e na água subterrânea da Lagoa Mangueira, Sul do Brasil, como uma aproximação da descarga de água subterrânea. A Lagoa Mangueira é um corpo d'água raso e faz parte de um grande sistema de lagoas costeiras (Patos-Mirim-Mangueira). Amostras foram realizadas em agosto de 2006 depois de um período de alta precipitação e em janeiro de 2007 (baixa precipitação). A atividade de ^{222}Rn na água subterrânea da Lagoa Mangueira foi de 2-3 ordens de magnitude mais elevada que as águas superficiais. Após feito os apropriados ajustes de entradas e perdas, foi utilizado o balanço de radônio para estimar os fluxos de águas subterrânea que advectam na lagoa. Como a Lagoa Mangueira não apresenta tributários, as taxas de advecção subterrânea são dominantes. Este trabalho descreve a descarga de água subterrânea, como uma importante fonte de nutrientes e elementos traço para as águas superficiais da Lagoa Mangueira. Este estudo demonstrou uma importante ligação entre as águas superficiais e subterrâneas quanto ao aporte de nutriente, o que faz com que a Lagoa Mangueira se distinga da Lagoa Mirim, devido a sua mais efetiva relação com as águas do lençol freático.

^{1,2,3 e 4} FURG – Universidade Federal do Rio Grande – Departamento de Química - Caixa Postal 474, Rio Grande- RS 96201-900, Brasil (55+53) 3233-6864

¹idel.milani@gmail.com; ²pgofcfa@furg.br; ³karina.attisano@gmail.com; ⁴dqmhidro@furg.br

⁵ Florida State University - Department of Oceanography, Tallahassee, FL 32306, USA

⁵santos@ocean.fsu.edu ; ⁶wburnett@fmailer.fsu.edu

Abstract – We investigate the distribution of naturally-occurring geochemical tracers (^{222}Rn) in the water column and groundwater of Mangueira Lagoon, Southern Brazil, as proxies of groundwater discharge. Mangueira Lagoon is a shallow water body and part of the largest coastal lagoon system in the world (the Patos-Mirim-Mangueira system). Sampling was carried out in August 2006 after a period of high precipitation and in January 2007 (dry season). ^{222}Rn activities in shallow groundwater of Mangueira Lagoon basin were 2-3 orders of magnitude higher than in surface water. The radon inventories, after making appropriate allowances for inputs and losses were used to estimate fluxes into the lagoon. As Mangueira Lagoon doesn't have tributaries, the dominant advection rates are associated with the groundwater from the irrigation canals, nearly 2 orders of magnitude higher than along the beaches. This paper describes the subterranean groundwater discharge, mainly in the irrigation channels, are an important source of nutrients and trace elements for the surface waters from Mangueira Lagoon.

Palavras-Chave – advecção de água subterrânea; fluxo de nutrientes e Lagoa Mangueira

INTRODUÇÃO

Os ambientes lagunares costeiros são densamente ocupados pela sua importância relativa do conjunto terra e mar, uma vez que as atividades humanas estão intimamente ligadas à disponibilidade de água e a qualidade destes recursos.

O processo de formação e evolução da planície costeira do Rio Grande do Sul foi determinado essencialmente por sucessivos ciclos regressivos e transgressivos do nível marinho nos últimos 400.000 anos, originando quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira. A Lagoa Mangueira é separada do oceano por uma barreira arenosa (Figura 1) possui uma área de 820 km² e comprimento de 100 km. Ao norte da lagoa está localizada a Estação Ecológica do Taim (ESEC-Taim), mundialmente conhecida por sua função como ponto de descanso e nidificação de aves migratórias. As águas da Lagoa Mangueira estão interligadas com as águas da Lagoa Mirim e são conjuntamente utilizadas para a pesca, recreação e irrigação das lavouras de arroz, sendo esta última, uma das principais atividades econômicas da região.

Attisano *et al.* (no prelo) apresentam a Lagoa Mangueira como um corpo hídrico distinto das demais lagoas costeiras da região, pelos seus elevados valores de pH e altos teores de nutrientes e, indicam a necessidade de identificar a manutenção desses elevados teores.

Devido a ausência de grandes rios, ocorrência de gradientes topográfico da Lagoa Mangueira-Oceano Atlântico e a dominância de sedimentos arenosos permeáveis sugerem que a hidrogeoquímica desse ecossistema seja controlada por fluxos subterrâneos.

No presente trabalho, objetiva-se calcular os fluxos de nutrientes e de metais traço associados a água subterrânea que advecta na Lagoa Mangueira e, avaliar como estes podem contribuir para a manutenção dos teores desses elementos na água superficial.

Material e métodos

Águas superficiais da Lagoa Mangueira foram amostradas com auxílio de uma garrafa de Van Dorn em 29 estações (Figura 1), em agosto de 2006 e janeiro de 2007. Foram determinados os seguintes parâmetros, segundo metodologia descrita em Baumgarten *et al.* (1996): pH, Eh, salinidade, condutividade, nutrientes dissolvidos e metais traços.

O Radônio (²²²Ra) foi monitorado, em fluxo contínuo, com uso de um RAD-7 (DurrIDGE Co., Inc.) (Figura 2). Detalhes estão apresentados em Santos *et al.* (2008).

Águas subterrâneas foram obtidas através da perfuração de oito poços piezométricos multi-níveis à margem oeste da Lagoa (Figura 1), de 1 a 5 metros de profundidade, com coletadas a cada 1 metro. Para tal, usou-se um push point, que consiste de uma vara de aço inox de um metro de

comprimento, com uma ponteira inerte. As varas de aço são acopláveis de acordo com a profundidade desejada do poço. Uma mangueira Masterflex[®], no interior dessas varas, conecta a ponteira a bomba peristáltica. A água subterrânea é filtrada em sistema fechado, em um filter holder Millipore[®] contendo filtro de acetato de celulose 0,45 µm.

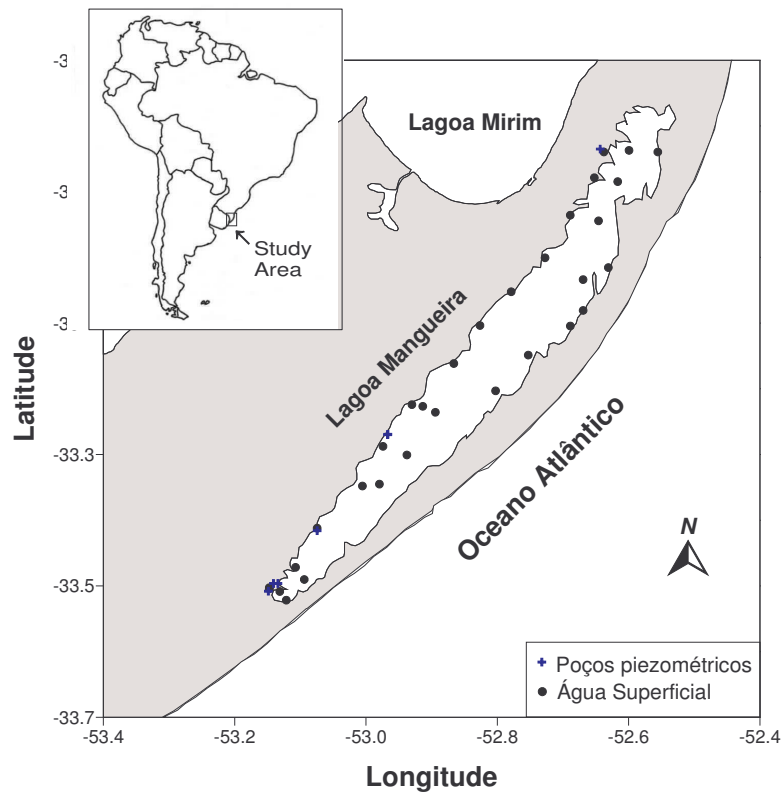


Figura 1: Localização das estações amostrais.

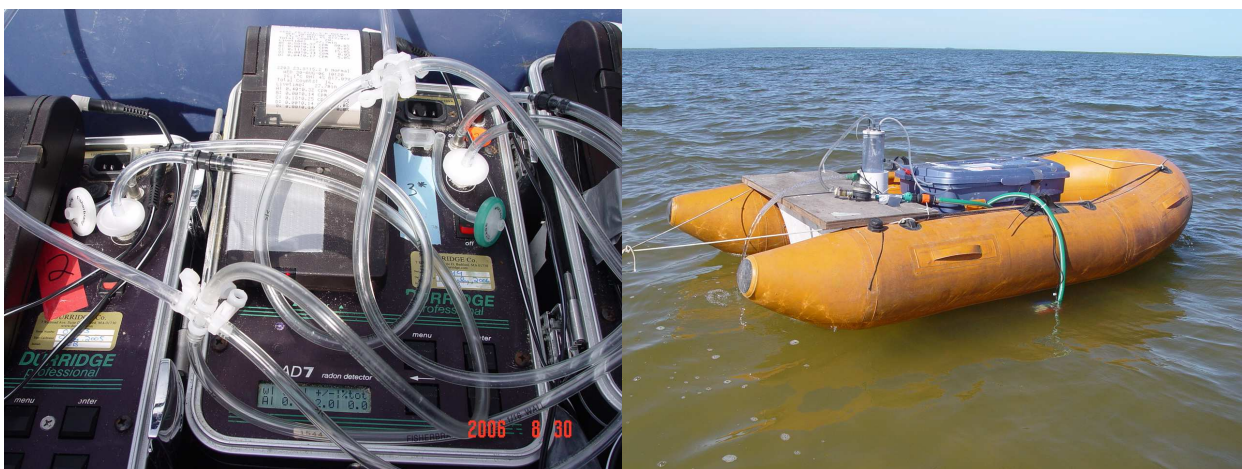


Figura 2 – Sistema RAD-7 acoplado a embarcação

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da Figura 3 revela que existem áreas de maior atividade de radônio, como por exemplo, nos canais de irrigação e em um pequeno banhado, onde sua concentração atingiu valor de 20 dpm/L. Excluindo estas áreas, a atividade de radônio foi relativamente constante e baixa (<1 dpm/L). Não foram encontrados picos de radônio na margem leste da Lagoa Mangueira (Fig. 3C), caracterizada pela presença de dunas e pinus e sem a presença de canais de irrigação. Os valores mais elevados encontrados na porção sul da Lagoa devem-se ao fato de esta ser caracterizada pela presença de uma grande quantidade de canais de irrigação, sendo que no momento da construção e do aprofundamento destes canais, expõem-se as camadas mais permeáveis de sedimento facilitando os fluxos subterrâneos.

Usando imagem de satélite (Google Earth) foram identificados 36 canais de irrigação, cobrindo uma área total de 0,2 km² na margem oeste. Pela multiplicação da taxa de advecção média nos canais por sua área total, foi estimado um fluxo de água subterrânea antropogênica total como sendo de 36,74 m³.d⁻¹ para o inverno e, 42,70 m³.d⁻¹ para o verão.

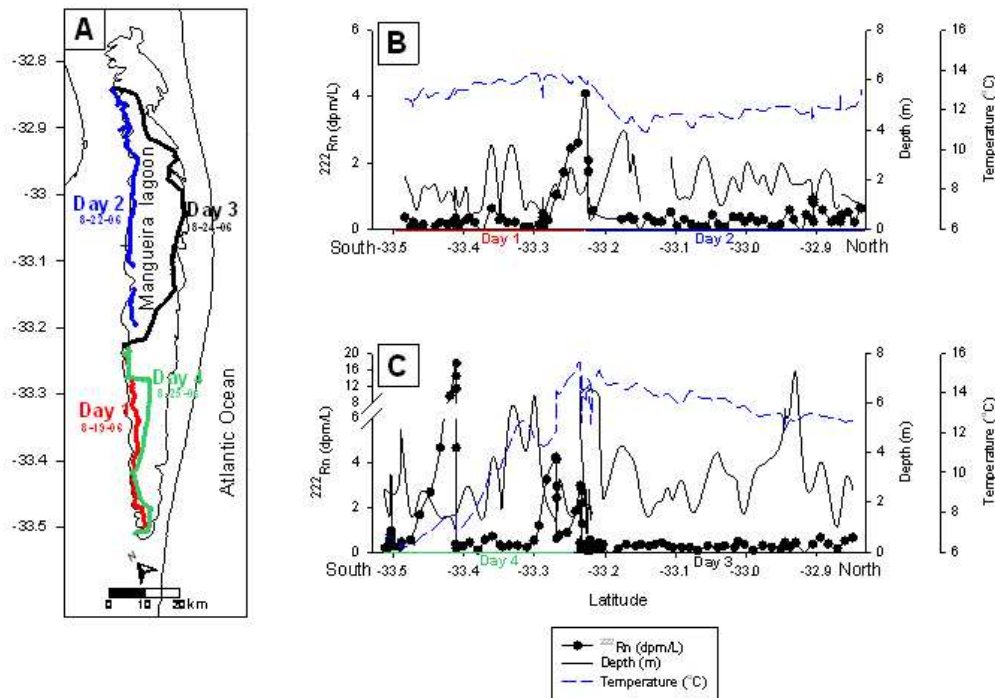


Figura 3: Resultados do levantamento de ²²²Rn em agosto de 2006. (A) Mapa mostrando o caminho realizado nos dias 1, 2, 3 e 4; (B) Atividade de ²²²Rn e profundidade de água plotado versus latitude para os dias 1 e 2; (C) Atividade de ²²²Rn e profundidade de água plotada versus latitude para os dias 3 e 4. Os picos da atividade de ²²²Rn ocorreram

quando o barco estava parado nos canais de irrigação situados na margem oeste da Lagoa. Nenhum pico principal foi observado no dia 2 (não entrou em canais da irrigação) e 3 (margem do leste). Fonte; Santos *et al*, 2008

Após a estimativa dos fluxos de água subterrânea para os distintos períodos meteorológicos, partiu-se para o cálculo dos fluxos de nutrientes e metais traço, através do uso do valor médio das concentrações da água contida nos poços amostrados na margem oeste da lagoa. A Tabela 1 apresenta os fluxos calculados para nutrientes, enquanto que a Tabela 2, para os metais traço. Ambas tabelas, também apresentam os teores médios encontrados nas águas superficiais da Lagoa Mangueira.

Tabela 1. Concentração média dos nutrientes nas águas superficiais e subterrâneas e, sua taxa de advecção.

	INVERNO			VERÃO		
	Superficial	Subterrânea	Fluxo	Superficial	Subterrânea	Fluxo
	μM	μM	$mol. dia^{-1}$	μM	μM	$mol. dia^{-1}$
PO₄³⁻	0,87±2,40	2,51±2,34	0,09	0,19±0,06	3,63±1,99	0,16
SiO₄⁴⁻	83,81±79,79	547,85±456,3	20,13	116,35±13,37	770,90±372,7	32,92
NH₄⁺	8,27±2,53	66,73±109,61	2,45	3,60±4,36	7,93±3,34	0,34
NO₂⁻	0,16±0,09	0,16±0,09	0,01	0,14±0,02	0,54±0,44	0,02
NO₃⁻	7,73±6,42	6,36±4,67	0,23	14,23±22,26	2,48±3,07	0,11
NIT	16,16±7,24	73,25±109,18	2,69	17,97±22,62	10,95±5,93	0,47

Superficial: Concentração média da água superficial da Lagoa Mangueira; Subterrânea: Concentração média da água subterrânea e Fluxo: Taxa de advecção da água subterrânea para a Lagoa Mangueira

Tabela 2. Concentração média de metais traço nas águas superficiais e subterrâneas e, sua taxa de advecção.

	INVERNO			VERÃO		
	Superficial	Subterrânea	Fluxo	Superficial	Subterrânea	Fluxo
	$\mu g.L^{-1}$	$\mu g.L^{-1}$	$mmol.dia^{-1}$	$\mu g.L^{-1}$	$\mu g.L^{-1}$	$mmol.dia^{-1}$
Pb	1,38±0,49	1,79±0,20	0,32	2,11±2,73	2,79±1,37	0,57
Fe	55,15±114,55	662,17±1072,06	435,62	22,90±38,26	438,22±534,4	335,06
Cr	0,25±0,19	0,21±0,26	0,15	0,14±0,06	0,65±0,54	0,53
Cd	0,04±0,07	0,15±0,13	0,05	0,05±0,07	0,35±0,27	0,13
Zn	4,11±1,89	3,84±3,19	2,16	3,22±0,99	5,49± 2,58	3,58

Superficial: Concentração média da água superficial da Lagoa Mangueira; Subterrânea: Concentração média da água subterrânea e Fluxo: Taxa de advecção da água subterrânea para a Lagoa Mangueira.

A diferença de magnitude entre as concentrações de nutrientes, evidenciou um enriquecimento das águas superficiais via água subterrânea, em decorrência de diversos processos biogeoquímicos envolvidos. Dentre os nutrientes, apenas a concentração de nitrato dissolvido foi superior na água superficial, tanto para inverno e verão. Também demonstrou notória diferença entre os dois períodos amostrados.

Dentre os metais avaliados, destaca-se a diferença de magnitude entre as concentrações de ferro encontradas para a água subterrânea quando comparadas à água superficial, indicando que o ferro é enriquecido na água subterrânea a qual atua como uma importante fonte deste elemento para a Lagoa Mangueira. Isso já tinha sido demonstrado por Windom et al. (2006) para a restinga da Lagoa dos Patos. Já para os outros metais, que não tem comportamento de oxi-redução semelhante ao ferro, o enriquecimento não é evidente, indicando que a água subterrânea pode inclusive atuar como um sumidouro de elementos traços.

No verão, as concentrações tanto de nutrientes como de metais associados a água subterrânea tendem a ser menores, devido ao menor tempo de residência da água no lençol freático, em função da menor percolação da água da chuva, da maior evaporação e uso na lavoura. Esses fatores causam também abaixamento do nível da lagoa, gerando um alívio de pressão hidrostática, deslocando o gradiente hidráulico em sua direção.

CONCLUSÃO

As águas superficiais da Lagoa Mangueira possuem concentrações de macro e micronutrientes mais elevadas que outros corpos lagunares da região, como as Lagoas Mirim e Patos. Até o presente momento acreditava-se que as águas subterrâneas fossem as responsáveis por esse enriquecimento. Porém esse estudo evidencia que isso é verdadeiro apenas para alguns elementos, sendo eles fosfato, silicato, amônio, nitrito e ferro dissolvido os mais pronunciados. Sendo assim, outras fontes podem estar envolvidas na inserção de elementos na coluna d'água, tais como aquelas relacionadas a atividade orizícola, intensa na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ATTISANO, K. K.; Niencheski, L. F. H. ; Milani, I. C. B. ; Machado, C. S. ; Milani, M. R. ; Zarzur, S., *no prelo*. Contribution from continental groundwater to the shelf zone in Albardão area, RS, Brazil. Brazilian Journal of Oceanography.

BAUMGARTEN M.G.Z., Rocha, J.M., & Niencheski, L.F.H. 1996. Manual de análises em oceanografia química. Rio Grande, Ed. da FURG. 132 p.

SANTOS, I. R.; Machado, M. I. C. S. ; Niencheski, L. F. ; Burnett, W. ; Milani, I. ; Andrade, C. ; Peterson, R. ; Chanton, J. ; Baisch, P., 2008a. Major ion chemistry in a freshwater coastal lagoon from Southern Brazil (Mangueira Lagoon): Influence of groundwater inputs. *Aquatic Geochemistry*, vol. 14, p. 133-146.

WINDOM, H. L.; Moore, W.S.; Niencheski, L. F. H. e Jahnke, R.A., 2006. Submarine groundwater discharge: A large, previously unrecognized source of dissolved iron to the South Atlantic Ocean. *Marine Chemistry*. vol 102, n.3-4, p. 252-266.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES/Fulbright (2150/04-2). Esse projeto foi financiado pelo CNPq (552715/2005-0; 305375/2006-7), CT HIDRO-13 e 35 PROCOREDES IV-FAPERGS (0518017) e NSF (OCE-0520723).