

## ESTUDO DA ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL NA COLUNA D'ÁGUA A PARTIR DE DADOS DE SIGMA-T NA LAGOA RODRIGO DE FREITAS – RIO DE JANEIRO – RJ

Fábio Salgado Nóbrega<sup>1,2</sup>; Daniel Dias Loureiro<sup>1,3</sup>; Soyla Olenka Correia de Moraes<sup>1</sup>; Saulo Meirelles Nunes da Rocha<sup>1</sup>; Marcos Antonio Fernandez<sup>1,4</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Oceanografia e Hidrologia, - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524- Phone: +55 21 2587-7674

<sup>2</sup> Graduando em Oceanografia, e-mail: fabiosnobrega@hotmail.com

<sup>3</sup> Graduando em Oceanografia, e-mail: loureiro.daniel@bol.com.br

<sup>4</sup> D.Sc em Geoquímica Marinha, e-mail: hallfz@uerj.br

### RESUMO

Este trabalho apresenta uma parte dos estudos que vem sendo realizados na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, pelo departamento de Oceanografia e Hidrologia da UERJ. Tem como objetivo caracterizar o comportamento da salinidade e da temperatura na coluna d'água num período de doze meses, de junho de 2002 a junho de 2003. Esta lagoa possui uma única ligação com o mar, que é feita através do canal do Jardim de Alah. Foram amostradas mensalmente 5 estações, em cada uma das quais foram medidos a temperatura e a salinidade da água em perfis desde a superfície até o fundo. O trabalho mostra uma comparação entre um período em que o assoreamento do canal era total, e um período em que o mesmo encontrava-se desobstruído.

Os resultados encontrados mostraram que a abertura do canal exerce uma grande influência no local em relação à salinidade, e os valores de sigma-t mostraram estratificação na coluna d'água, sugerindo a necessidade de um modelo de dois compartimentos para estudar a coluna d'água neste ambiente. Os resultados obtidos mostraram que a salinidade é o principal fator na estratificação da coluna d'água no período estudado.

### ABSTRACT

This work is part of a research that is being carried out by Oceanography and Hidrology Department, UERJ, at lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro. The aim of this work is to study the behavior of salinity and temperature in a twelve month period, from june, 2002 to june, 2003. This lagoon has a single connection with the sea, through Jandim de Alah's channel. Sampling was done monthly at five stations, in which one temperature and salinity profiles from surface to botton were measured. This work shows a comparison between a period of total obstruction and a period of clearance of the channel's section.

The results showed that the channel opening has a great influence on salinity in this lagoon, while sigma-t data showed stratification in the water column, these observations suggesting that a two-compartment model is required to study the water column in this environment. Results showed that salinity was the main factor in the stratification of the water column along the studied period.

Palavras-Chave: lagoa costeira; salinidade; densidade

### INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras são corpos aquosos conectados ao oceano e formados como resultado da elevação do nível do mar durante o Holoceno/Pleistoceno e da construção das restingas arenosas através dos processos marinhos (Patchineelam, 2000).

Os ambientes lagunares são geralmente orientados paralelamente à costa, com profundidade média pequenas, de ordem de alguns metros ou menos. Dependendo da entrada de água doce pela bacia de drenagem das lagoas, e da troca de água do litoral adjacente, a salinidade destes ambientes pode variar de água doce a hipersalina, sendo um parâmetro ambiental de grande importância, pois controla as espécies de flora e fauna que podem sobreviver nas águas, nos sedimentos e ao longo de suas margens (Kjerfve & Magill, 1989; Kjerfve 1990), sendo que parte destes organismos instalam-se permanentemente nas lagoas, enquanto outros, por sua vez, as habitam temporariamente nos períodos de reprodução (Fernandes et al, 1991).

Segundo Kjerfve, 1990 as lagoas costeiras são geomorfológicamente classificadas pelas características

dos canais que as conectam com a costa oceânica; no caso da lagoa Rodrigo de Freitas, podemos classificá-la como sufocada, pois é caracterizada por uma única ligação estreita com o mar (Canal do Jardim de Alah), dissipando a força da maré dentro do canal. Sua dinâmica é definida essencialmente pelos ventos, com um alto potencial de acumulação de sedimentos, de eutrofização e de poluição, devido à limitada troca de água com o oceano, sendo um ambiente sensível a impactos antrópicos.

Por terem as lagoas uma hidrodinâmica restrita, a matéria orgânica não degradada decanta, e torna a camada de fundo diferente físico-quimicamente da de superfície. Uma outra variável então contribui para a diferenciação entre as camadas superficial e de fundo: o potencial redox (Eh). Camadas de transição podem isolar os ambientes de superfície e de fundo da coluna d'água, como uma termoclina (diminuição abrupta de temperatura) ou uma picnoclina (diferença de densidade).

## **DESCRIÇÃO DA ÁREA**

A bacia hidrográfica da área de influência da lagoa Rodrigo de Freitas, localizada na Zona Sul da Cidade do Rio de Janeiro, é formada basicamente pelos rios Dos Macacos, Cabeça e Rainha que, no período das cheias, extravasam em parte para a lagoa, através de uma comporta (FEEMA, 2002).

O espelho d'água possui uma área de 2,2 km<sup>2</sup>, com profundidade média da ordem de 2,80 metros e máxima em torno de 10,0 metros, com volume de aproximadamente 6.200.000 m<sup>3</sup>. A lagoa é ligada ao mar pelo canal do Jardim de Alah, com 800 metros de comprimento, largura variando entre 10 e 18 metros e a cota de fundo de -0,70 metros. Este canal tem a finalidade de promover a renovação das águas da lagoa e servir de extravasor nos períodos de chuvas fortes (Fundação Rio-Águas, 2002).



Figura 1 - Foto aérea da Lagoa Rodrigo de Freitas enfatizando o canal do Jardim de Alah.

Com base em documentos do século passado também pode ser verificado que a água da lagoa apresentava grandes variações quanto à salinidade, apresentando-se ora salgada, ora doce ou salobra. Daí presume-se que a salinidade da lagoa sempre variou de acordo com o volume de chuvas, e/ou da comunicação com o mar estar aberta ou não.

Embora as águas da Lagoa continuem predominantemente salobras, atualmente constata-se uma influência marinha menor do que as registradas anteriormente, devido possivelmente, ao grau de assoreamento mais intenso do canal do Jardim de Alah.

Por outro lado, observa-se maior aporte de água doce proveniente do extravasamento dos rios tributários (Macacos e Cabeça) em função da deficiência operacional e estrutural da comporta da Gal. Garzon. (FEEMA, 2002)

Longos períodos de insolação podem causar uma estratificação da coluna d'água pela diferença de temperatura, limitando os ambientes de superfície e de fundo por uma termoclina. A estratificação aumenta devido à água do mar, que penetra a lagoa em pequenas quantidade e velocidade pelo canal do Jardim de Alah, ser mais densa e fluir lentamente para o fundo. (Rosman, 1990).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A FEEMA realiza coletas, em somente uma profundidade, em 5 estações para o monitoramento das águas da Lagoa Rodrigo de Freitas. As amostragens dos parâmetros físico-químicos deste trabalho foram feitas nessas mesmas estações porém os dados foram coletados em perfis de metro em metro desde a superfície até vinte centímetros do fundo, para caracterizar a ocorrência de estratificação na coluna d'gua.

Ao longo deste trabalho foram realizadas quatorze coletas, que vão do período de 11/06/2002 até 04/06/2003. As coletas obedeceram a uma periodicidade mensal, sendo realizadas duas coletas extras, logo após a passagem de frentes frias.

Todas as coletas foram feitas à bordo de um bote inflável, e as amostras de água foram coletadas com o auxílio de uma garrafa de PVC especialmente desenvolvida para a coleta de uma camada de aproximadamente 10 centímetros na coluna d'água.

Os valores do perfil de temperatura foram obtidos com o auxílio de um condutivímetro WTW LF92. As determinações dos perfis de salinidade, foram feitas usando o mesmo condutivímetro, no laboratório de oceanografia química da UERJ, a partir das amostras de água especialmente coletadas e utilizando água do mar padrão.

Os valores de densidade ( $\sigma_t$ ), foram calculados através de um programa proposto por Littlepage (1998), a partir dos dados de salinidade e temperatura.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos estão mostrados nas figuras 2, 3, 4 e 5, adiante.

A figura 2 mostra a variação de temperatura observada no ponto 1, o mais central na lagoa, ao longo do período estudado e em cada profundidade. Pode-se notar que a temperatura mostrou uma variação sazonal, o verão apresentando as maiores temperaturas e as menores ao longo dos meses de inverno. Nota-se também que nem sempre as menores temperaturas ocorreram no fundo. Este comportamento foi observado em todas as estações.

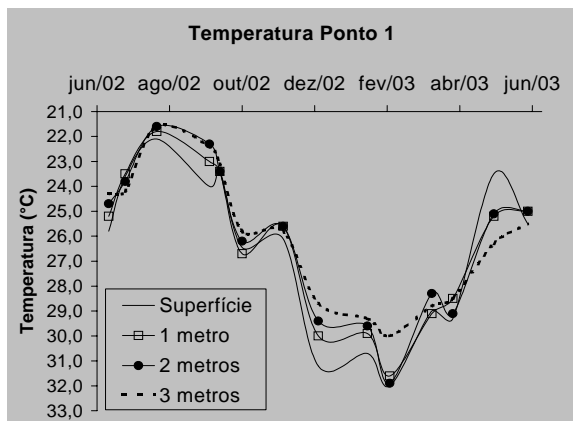


Figura 2 - Gráfico do perfil vertical de temperatura ao longo das quatorze coletas no ponto 1.

A figura 3 mostra a variação da salinidade no mesmo ponto, ao longo do período do estudo. A salinidade apresentou um comportamento homogêneo na coluna d'água e relativamente constante desde a primeira coleta até o mês de novembro (coleta 7), desde então se observa um aumento gradual dos valores de salinidade, a partir de dois metros de profundidade, ao longo dos meses (Figura 3).

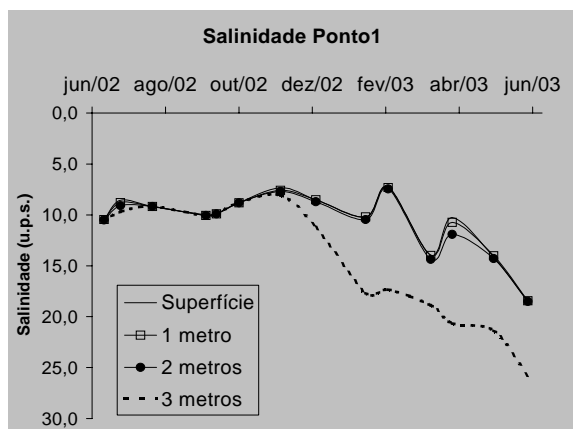


Figura 3 - Gráfico do perfil vertical de salinidade ao longo das quatorze coletas no ponto 1.

Pode-se notar que a curva gerada com os valores de sigma-t (Figura 4), tem um comportamento que tende a acompanhar a curva gerada pelos valores de salinidade (Figura 3).

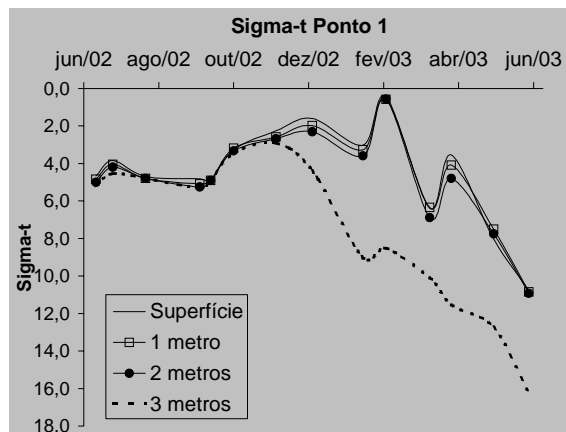


Figura 4 - Gráfico do perfil vertical de Sigma-t ao longo das quatorze coletas no ponto 1.

Estas observações mostram que a salinidade e não a temperatura foi o principal fator controlando a estratificação na lagoa, e que esta estratificação ficou bastante acentuada a partir de novembro de 2002. Esta acentuação da estratificação coincidiu com o período em que o canal esteve aberto, como pode ser visto na figura 5.

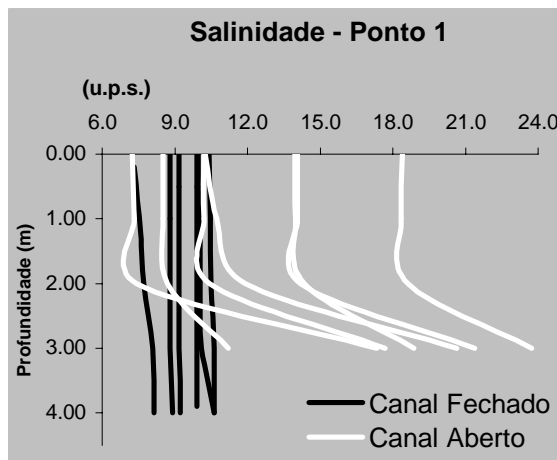


Figura 5 – Gráfico da variação de salinidade ao longo de quatorze coletas no ponto 1.

Esta figura mostra claramente que a lagoa sofre uma marcada variação de salinidade ao longo do ano. Quando associamos este parâmetro com a dinâmica do canal do Jardim de Alah, observamos que, estando este assoreado, a salinidade se comporta de maneira praticamente homogênea em toda a coluna d'água, não havendo uma diferença marcante entre a superfície e o fundo. Este comportamento foi observado durante as sete primeiras coletas. À partir da oitava coleta o canal teve sua ligação com o mar desobstruída, e assim podemos notar a existência de uma estratificação que surge entre a profundidade de dois e três metros. Em relação à profundidade da lagoa, podemos dizer que as sete

primeiras coletas realizadas com o canal fechado, tiveram uma profundidade máxima em torno dos quatro metros, enquanto as outras sete coletas, que foram feitas com o canal aberto, tiveram uma profundidade variando em torno de três metros no ponto 1 (Figura 5).

## **CONCLUSÕES**

Os perfis de sigma-t, mostraram que a salinidade foi o principal parâmetro no controle da estratificação na lagoa Rodrigo de Freitas durante o período estudado.

O canal do Jardim de Alah, teve um papel muito importante no controle deste regime da estratificação na lagoa. Quando o canal se encontrava desobstruído, a água do mar mais densa penetrou pelo fundo, acentuando a estratificação, devido principalmente à diferença de salinidade entre a água superficial e a água vinda do mar.

Quando o canal encontrava-se assoreado, a água do mar não conseguiu penetrar na lagoa, fazendo com que a coluna d'água se apresentasse praticamente homogênea em valores baixos de salinidade. Nesta condição, a temperatura passou à exercer uma influência proporcionalmente maior, mas a estratificação observada foi muito menos acentuada.

Podemos então dizer que a lagoa sofre uma influência direta do canal do Jardim de Alah, tendo seu comportamento em termos de estratificação sensivelmente diferenciado em situações de abertura ou obstrução do canal. Este comportamento pode influenciar diretamente aspectos como a dinâmica de nutrientes e a produção primária. Por outro lado, a presença de estratificação acentuada pode indicar a existência de compartimentos distintos na própria coluna d'água, um aspecto que pode ser importante numa futura modelagem numérica de processos biogeoquímicos neste ambiente.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- FEEMA, 2002. <<http://www.feema.rj.gov.br>>
- FERNANDES, H.M.S. 1991. Abordagem Geoquímica No Estudo Da Poluição Por Metais Pesados Nos Sistemas Fluvial e Lagunar da Baixada de Jacarepaguá, RJ. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade Federal Fluminense. 122 p.
- FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS, 2002. Lagoa Rodrigo de Freitas: Ações Propostas para Melhoria da Bacia - Relatório final. <<http://www.rio.rj.gov.br/rioaguas/>>
- KJERFVE, B., MAGILL, K.E. 1989. Geography and Hydrodynamic Characteristics of Shallow Coastal Lagoons. *Marine Geology*. pp. 187-199.
- KJERFVE, B. 1990 Coastal Lagoons. *The World & I*. V.5, n.5, pp. 312-317.
- LITTLEPAGE, J. L., 1998. Oceanografia: manual de técnicas oceanográficas para trabalhos em laboratório e a bordo. Universidade Federal do Ceará, 99p.
- PATCHINEELAM, S. 2000. Lagoas costeiras. In: Oceanografia Costeira. Curso de Oceanografia. <<http://www.usu.br/icba/oceano2/zonacosteira.htm>>
- ROSMAN, P.C.C. 1990. Proposição de um canal estável para a melhoria da qualidade de água na Lagoa Rodrigo de Freitas. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro.