

Análise estimada da dispersão espacial dos coliformes termotolerantes durante os períodos de inverno e verão na laguna Mundaú, Alagoas, Brasil

Esdras de Lima Andrade ¹
Antônio José Pereira Almeida ²
Alex Nazário Silva Oliveira ³
Melchior Carlos do Nascimento ⁴
Sinval Autran Mendes Guimarães Júnior ⁵

^{1,2,3} Instituto do Meio Ambiente de Alagoas - IMA/AL
Av. Major Cícero de Góes Monteiro, 2197 - 57015-047 - Mutange - Maceió/AL, Brasil
¹ esdras.andrade@yahoo.com.br, ² tony.n12@gmail.com, ³ alexnazario@hotmail.com

^{4,5} Universidade Federal de Alagoas – UFAL/IGDEMA/LGA
BR-104, km 14, Campus A. C. Simões, CEP 57072-970, Maceió, AL, Brasil
⁴ mgeop@ig.com.br, ⁵ singeo@ig.com.br

Abstract. This study had as main objective to esteem the behavior of the space distribution of "fecal coliforms" in the lagoon Mundaú, between the months of June and December of 2007, exclusively using free softwares gvSIG 1.9, quantum Gis 1.4 and the operating system Linux. The adopted methodology concentrated basically on the obtaining and generation of the base of data and in the interpolation of the samples values by means of the algorithm of the Inverse of the *Distance to the Potency*. The samples were obtained in different times, being the first campaign accomplished in June and Monday in December of 2007, both without rain occurrence in the last 24 hours. Thus, starting from the results and of the bacteriological analyses considerable concentrations of fecal coliforms were observed in the collections accomplished in the both analyzed periods. However, with base in the resolution CONAMA n°. 274 of 29/11/2000, it was verified that only the relative waters to the month of June are inappropriate for bathing, with concentrations of fecal coliform approximately 6.5 larger times than the allowed value. On the other hand, the results reached in the month of December were considered satisfactory, with less concentrations to 900 coliforms for 100 milliliters.

Palavras-chave: Bathing, Environmental Impact, Geoprocessing, Interpolation, Balneabilidade, Impacto Ambiental, Geoprocessamento, Interpolação.

1. Introdução

A Laguna Mundaú consiste em uma das mais importantes dos sistemas lagunares do estado de Alagoas, com aproximadamente duzentas mil pessoas vivendo em seu entorno e cerca de dez por cento destas tirando o seu sustento diretamente dela. As evidências apontam que a referida laguna vem sofrendo intenso processo de degradação ambiental no transcorrer das últimas duas décadas. Situada na porção central do litoral do estado de Alagoas, a laguna Mundaú está localizada entre as coordenadas geográficas 9°43'19" e 9°35'13" de latitude sul e 35°48'24" e 35°45'03" de longitude oeste, estendendo-se por uma área de aproximadamente 27 km² em um perímetro de 28.996 m, sendo seu comprimento de 7,7km e largura variando entre 2,6km (à montante) a 4,6 km (à jusante); abrange parte dos municípios de Maceió, Marechal Deodoro, Coqueiro Seco e Santa Luzia do Norte. Ela interliga-se com o oceano atlântico através de uma extensa rede de canais que corta a planície formando dezenas de pequenas ilhas. Sua profundidade varia dos 2 aos 7 metros, sendo a sua profundidade média de 1,5 m (Barradas *et. al.* (1979) *apud* Alagoas, 1988). Na região dos canais a profundidade média é de 1,9 m. O fundo desta Laguna apresenta vaza e depósitos de fragmentos de conchas de moluscos, carapaças de crustáceos e argila siltica.

A margem esquerda está ocupada predominantemente pela área urbana de Maceió, com destaque para a grande incidência de ocupações subnormais. A falta de um sistema de saneamento básico contribui, em parte, com o lançamento dos efluentes residenciais no interior da laguna, ajudando a comprometer a qualidade da água. Já na margem direita, a

ocupação do solo nas cotas mais baixas é predominantemente agrícola, com destaque a cultura do coco, e dois pequenos núcleos urbanos: as cidades de Santa Luzia do Norte e de Coqueiro Seco. A laguna funciona como uma espécie de corredor ecológico aquático entre essas duas unidades de conservação. Na área de influência da referida laguna, encontram-se ao sul a APA de Santa Rita e ao norte a APA do Catolé e Fernão Velho.

Dentre os problemas mais evidentes verificados na Laguna Mundaú estão o forte processo de assoreamento; a eutrofização; o desaparecimento de espécies da fauna aquática; a recorrência de mortandades de peixes e a contaminação por coliformes, organismos patogênicos, pesticidas e metais.

O principal objetivo deste estudo foi realizar uma análise do comportamento espacial da variável “coliformes termotolerantes” nos meses de junho e dezembro de 2007, fazendo uso exclusivamente de *softwares* livres.

2. Metodologia de Trabalho

Os procedimentos metodológicos adotados se concentraram basicamente na obtenção e geração da base de dados e da modelagem da estimativa espacial.

Os meses selecionados para realização das coletas são justificados por serem historicamente os que apresentam, respectivamente, maior e menor precipitação.

2.1. Obtenção dos Dados

Os dados foram obtidos através de duas coletas com amostragens em épocas distintas, sendo a primeira no dia 13 de junho e a segunda no dia 11 de dezembro de 2007, sem ocorrência de chuva nas 24 horas anteriores. Os procedimentos foram realizados pelos técnicos da Diretoria de Laboratórios do Instituto do Meio Ambiente de Alagoas; sendo em seguida conduzidos para análises. As amostragens foram realizadas nas imediações dos postos de coleta, onde a Cetesb efetuou estudo nos anos de 1984/85, e são apresentadas na Figura 1.

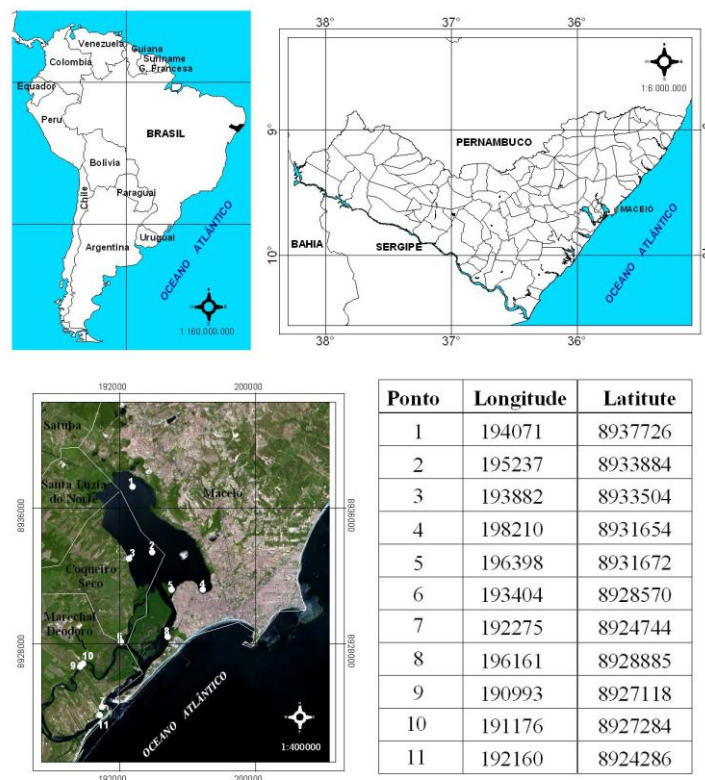


Figura 1. Localização da Laguna Mundaú e distribuição dos pontos de coletas

2.2. Geração da Base de Dados

A base de dados foi elaborada a partir das imagens de satélite *Quickbird*, sensor QB02, banda Pan_MS1, com resolução espacial de 0,60 m, adquirida em 20 de dezembro de 2009. O *software* adotado foi o gvSIG 1.9.

2.3. Modelagem da Estimativa Espacial

Dentre os diversos tipos de interpolação, o método aplicado neste trabalho foi o Inverso da Distância à Potência (*Inverse Distance to a Power*). Ele é assim denominado porque a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó da malha. Os motivos principais pelos quais se resolveu adotá-lo se basearam nas considerações de Landim (2000) que é a fidelidade aos valores originais amostrados, principalmente ao tratar de poucas amostras e em espaçamento irregular. O resultado final se aproxima da realidade local e, porque não extrapola os valores mínimos e máximos das amostras coletadas, assemelhando-se ao da krigagem; sendo ideal para os casos onde não há agrupamento de amostras.

Para esta etapa do trabalho utilizou-se do *software* Grass 6.4, tendo com GUI (*Graphical User Interface*) o aplicativo Quantum Gis 1.4. Todos os programas utilizados neste trabalho rodaram sobre a plataforma Linux, distribuição Ubuntu 9.10.

3. Resultados e Discussão

A partir dos relatórios de análise bacteriológicos foram obtidas as concentrações de coliforme termotolerantes para as campanhas de coletas realizadas durante os meses de junho e dezembro de 2007 (Tabela 1).

Tabela 1. Número mais provável de coliformes termotolerantes para os meses de junho e dezembro/2007.

Pontos	NMP Coliformes Termotolerantes/100ml	
	Junho	Dezembro
1	800	70
2	40	20
3	230	20
4	16000	230
5	5000	80
6	230	0
7	80	130
8	5000	900
9	170	220
10	900	140
11	0	0

Os valores encontrados nos dois períodos estudados se apresentam em amplitudes díspares, principalmente nos dois pontos onde há as maiores concentrações de coliformes, referentes aos postos de coletas 4 (Figura 2) e 8 (Figura 3). No primeiro, a amplitude é de 15.770; passando dos 16.000 NMP/100ml no mês de junho para 230 NMP/100ml no mês de dezembro. No segundo caso, a amplitude é de 4.100 NMP/100ml; indo de 5.000 NMP/100ml para 900 NMP/100ml.

Mediante as informações acima apresentadas, buscou-se argumentar as causas pelos quais justificassem os resultados dos fenômenos, a saber.

O posto de coleta número 4 corresponde a desembocadura do canal da Levada, conta com a presença de aglomerações subnormais (Figura 3) nesta parte da margem da Laguna Mundaú, pelo qual despeja parte do esgoto dos bairros do Prado, Ponta Grossa, Levada e Centro. Já o posto de coleta nº 8 corresponde a desembocadura do canal da Assembleia, no

bairro Trapiche da Barra. Nesta localidade, também se verifica a presença de aglomerações subnormais, no qual despeja parte do esgoto dos bairros do Prado, Vergel e Trapiche.

Tais densidades podem também ter sido influenciadas por uma associação de fatores que as determinaram. Dentre eles, destacam-se: a) marés; b) ventos; c) precipitações e d) posições geográficas.

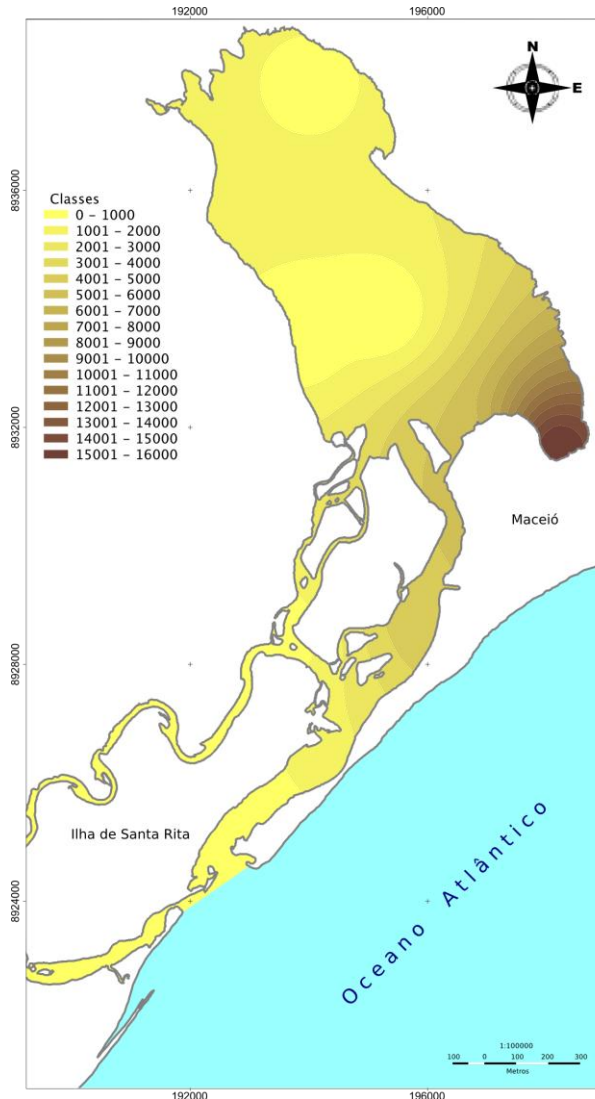


Figura 2. Estimativa espacial para o mês de junho.

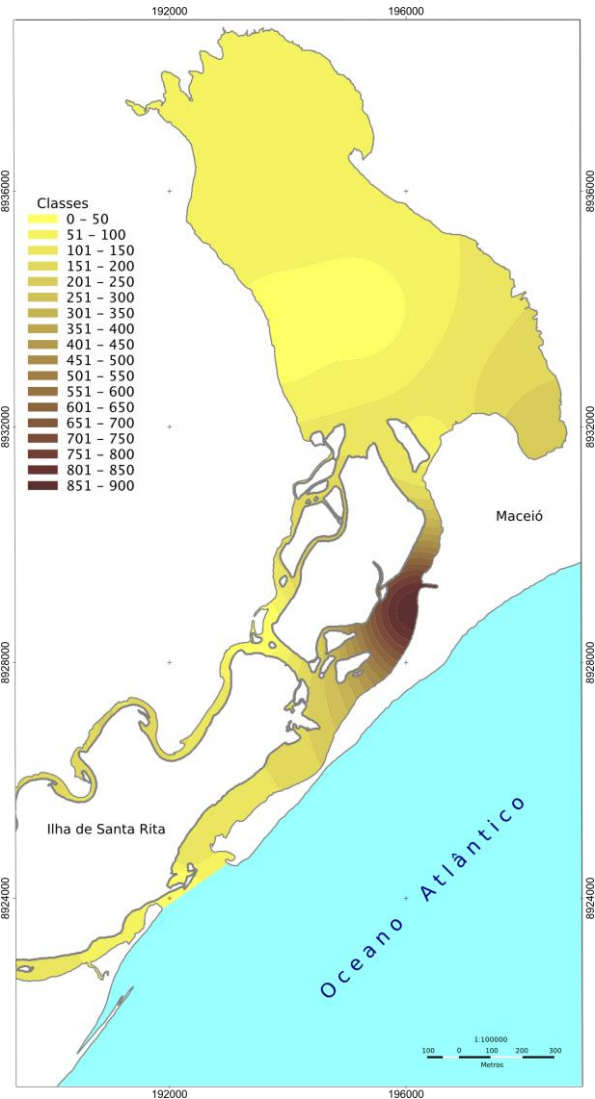


Figura 3. Estimativa espacial para o mês de dezembro.

3.1. Marés

As marés são as maiores responsáveis pela penetração das águas do oceano na laguna Mundaú. Segundo relatórios Portobrás/INPH (1984/85), as amplitudes de maré refletem a dificuldade de penetração da onda de maré. Só o amortecimento causado pela embocadura reduz em 70% tal amplitude. Além disso, da barra para o interior da laguna as amplitudes ainda são reduzidas em 50%.

A Tabela 2 mostra a tábua de marés da Marinha do Brasil, na qual é possível observar o comportamento da maré durante os horários das coletas. No caso da coleta referente ao mês de junho, seu estado foi de enchente, passando dos 0,3m às 8h17min até 2,1m às 14h31min.

Para a coleta referente ao mês de dezembro, o comportamento da maré também foi de enchente, onde passou dos 0,5m às 10h09min para 2,1m às 16h17min.

Tabela 3 – Tábua da maré para os dias das coletas

13/06/07		11/12/07	
Hora Local	Altura (m)	Hora Local	Altura (m)
02:00	2,1	04:23	1,9
08:17	0,3	10:09	0,5
14:32	2,1	16:17	2,1
20:43	0,3	22:43	0,4

3.2. Ventos

Os ventos na costa nordestina geralmente apresentam-se no sentido Leste-Oeste. Eles são mais comumente conhecidos como ventos alísios.

Rocha e Lyra (2000), afirmam que por estar contido na estação chuvosa, o mês de junho apresenta, historicamente, uma redução da intensidade dos ventos. Isto se deve porque no inverno a diferença de temperatura oceano-continente diminui, provocando uma atenuação da brisa marítima e, portanto, propiciando uma maior variabilidade na direção dos ventos.

Segundo Silva (2007) a velocidade dos ventos é maior nos meses mais quentes (Figura 4). Isto se dá por conta do aquecimento da superfície terrestre, o que aumenta a diferença de temperatura entre o oceano e a terra.

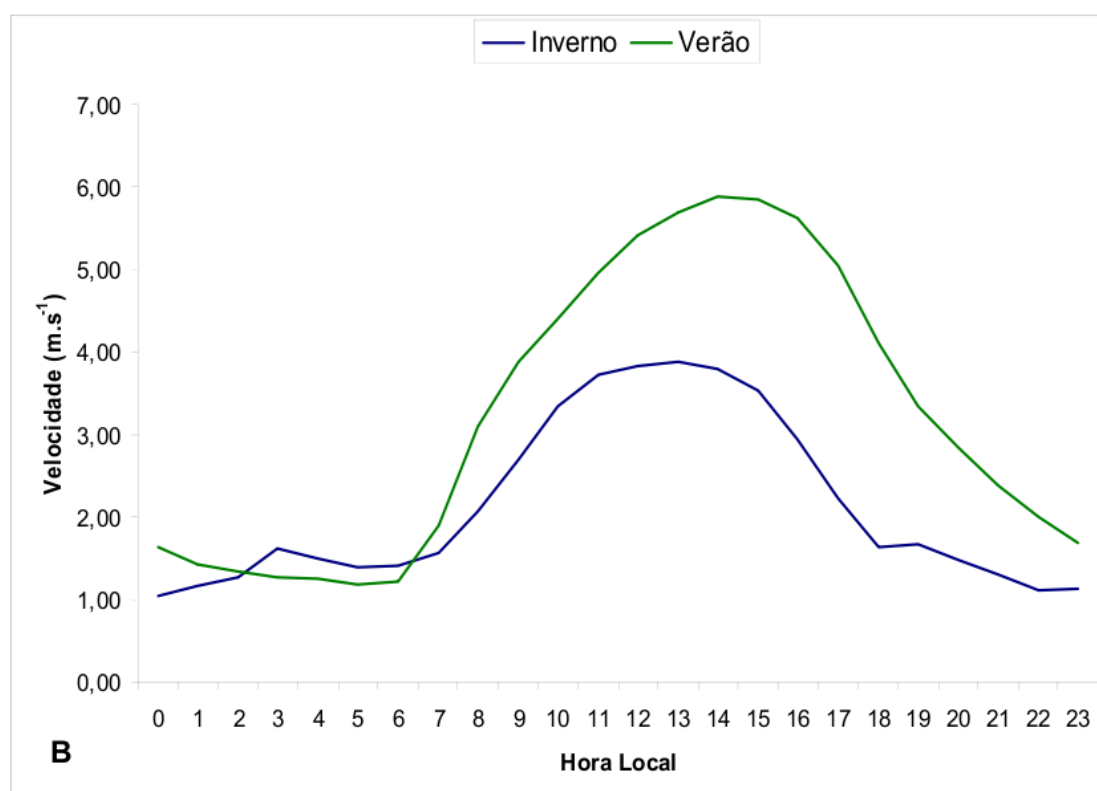


Figura 4. Velocidade média dos ventos nos períodos de inverno e verão. Fonte: Silva (2007).

3.3. Precipitações

Conforme Alagoas (2009), os dados do Monitoramento Climático da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas – SEMARH para o mês de junho mostra uma densidade pluviométrica média de 265 mm, sendo registrado para o dia da coleta, uma precipitação de 4 mm nas adjacências da área estudada (Figura 5). Para o mês de dezembro esta mesma densidade foi de apenas 36 mm e para o dia da coleta a precipitação registrada foi de 3 mm (Figura 6).

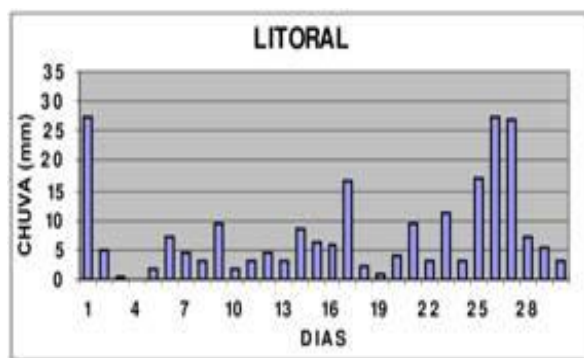


Figura 5. Precipitação diária no mês de junho de 2007. Fonte: Alagoas (2007).

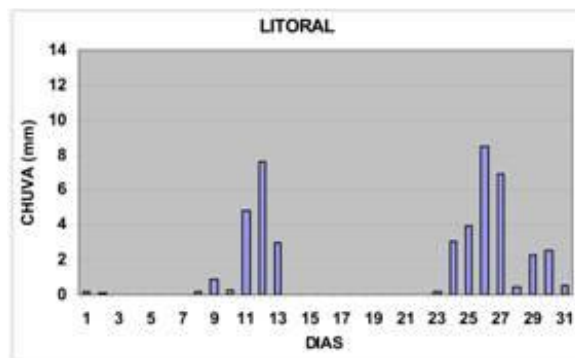


Figura 6. Precipitação diária para o mês de dezembro de 2007. Fonte: Alagoas (2007).

Historicamente, junho apresenta a maior densidade pluviométrica do ano na região, o que propicia um volume maior de descarga tanto das águas fluviais quanto das pluviais desta porção dos bairros da capital alagoana, amplificando assim a quantidade de coliformes diluída na água.

As galerias pluviais recebem esta incumbência de lançar coliformes na Laguna Mundaú porque também ainda estão associadas à recepção dos esgotos residenciais, mesmo já existindo uma estação de coleta e tratamento interligado ao emissário submarino da região. O fato é que grande parte do sistema ainda encontra-se inativo.

Já o mês de dezembro representa o que detém a menor média pluviométrica do ano. Neste caso, não se verifica a potencialização da descarga dos coliformes através das águas pluviais e fluviais.

3.4. Posições Geográficas

As localizações geográficas onde há as concentrações dos coliformes são também fatores relevantes na expressão dos resultados. No primeiro caso, o local se mostra como uma espécie de baía ou enseada, dificultando a circulação da água nessas imediações. Na segunda situação o foco acontece no canal externo da laguna, sofrendo interferências mais diretas das águas marítimas.

4. Conclusões

A partir das análises dos resultados obtidos e das observações realizadas durante os levantamentos de campo foi possível concluir que:

- De acordo com a resolução CONAMA n.º. 274 de 29/11/2000, as águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, o valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes fecais (termotolerantes) por 100 mililitros. Portanto, neste estudo somente foram consideradas águas impróprias aquelas inerente ao mês de junho, porque em quase toda a extensão da laguna supera em aproximadamente 6,5 vezes o valor estimado. Já as águas de dezembro foram consideradas satisfatórias, com no máximo 900 coliformes fecais (termotolerantes) por 100 mililitros, na sua concentração.
- Em relação às localizações geográficas dos pontos de concentração, se analisados apenas os dois postos destacados, seria possível deduzir que o fenômeno ocorrido esteve mais em função dos outros três fatores estudados: maré, precipitação e ventos.
- Para o caso do resultado para o mês de junho, a maré e a descarga de águas pluviais e fluviais, que estão diretamente ligadas à precipitação, influenciaram substancialmente na ocorrência do adensamento dos coliformes naquele lugar. Já para o mês de

dezembro, a maré e os ventos permitiram o acúmulo dos coliformes próximo ao canal da Assembleia.

- Quanto ao uso de *software* livre, embora não haja um uso muito intenso dos programas de geoprocessamento no meio profissional, a utilização de aplicativos livres neste trabalho mostrou-se muito satisfatório. As interpolações realizadas por meio do *software* Grass corresponderam plenamente à realidade do fenômeno estudado. Em relação ao gvSIG, o seu manuseio e acurácia nas operações realizadas mostraram grande potencial desta ferramenta, não deixando nada a desejar para os programas comerciais.

Referências Bibliográficas

Alagoas. Projeto de atualização dos conhecimentos e formulação de estratégias de manejo de lagoas costeiras para pesca e aquicultura. Estudo de caso: Complexo estuarino lagunar Mundaú-Manguaba. Maceió: Instituto do Meio Ambiente de Alagoas, 1988. 75p.

Alagoas. Dados do monitoramento climático para o estado de Alagoas. Disponível em <<http://www.semah.al.gov.br/tempoeclima/dados-meteorologicos/pluviometria/precipitacao-mensal/graficos-mensais-de-precipitacao/>>. Acesso em 03. jan. 2009.

Landim, P. M. B. Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas. Rio Claro: UNESP, 2000. Disponível em: <http://www3.ufpa.br/larhima/Material_Didatico/Mapas_e_Modelos/Surfer8/interpo.pdf>. Acesso em: 03.jan. 2009.

Portobrás; INPH. Relatório da primeira campanha de medições hidráulico-sedimentológicas no complexo lagunar Munaú-Manguaba. Rio de Janeiro: Empresa de Portos do Brasil S.A., Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias, 1984. Vol. I e Vol. II. 249p.

Portobrás; INPH. Relatório da segunda campanha de medições hidráulico-sedimentológicas no complexo lagunar Munaú-Manguaba. Rio de Janeiro: Empresa de Portos do Brasil S.A., Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias, 1985. Vol. I e Vol. II. 230p.

Rocha, C. H. E.; Lyra, R. F. da F. Ocorrência de brisas na região de tabuleiros costeiros próximo a Maceió-AL. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, A Meteorologia Brasileira Além do Ano 2000. Anais... Rio de Janeiro, 2000.

Silva, J. K. A. da. Caracterização do vento e estimativa do potencial eólico para a região de tabuleiros costeiros (Pilar, Alagoas). 2007. 83 p. (MET-UFAL-MS/047). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2007.