

Os Efeitos no Ambiente Marinho da Elevação do Nível do Mar em Regiões da Baixada Santista, Brasil

Emilia Arasaki, Paolo Alfredini, Rogério Fernando do Amaral

Escola Politécnica/ USP

earasaki@usp.br, alfredin@usp.br, rogeriofamaral@yahoo.com.br

Claudia Condé Lamparelli

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental –CETESB

claudial@cetesbnet.sp.gov.br

Recebido: 24/09/07 – revisado: 24/10/07 – aceito: 17/06/08

RESUMO

O efeito estufa e o resultante aumento na temperatura da Terra poderão acelerar a elevação do nível médio do mar. O conhecimento da elevação relativa do nível do mar e seus efeitos sobre as áreas costeiras são revistos neste trabalho. Processos hidráulicos, tais como a propagação da maré, prisma, correntes e ondas de tempestade, intrusão salina e processos litorâneos serão alterados. A resposta natural das baías e estuários a esta elevação, como neste estudo de caso de Santos (Estado de São Paulo), incluirá modificações na posição da linha costeira, inundações e impacto sobre as terras úmidas. Em relação à área da Baixada Santista estudada nota-se que haverá inundações de extensas áreas de manguezal sem possibilidade de migração desses bosques para áreas mais interiores, seja em função do relevo pela proximidade da Serra do Mar, seja pela ocupação antrópica e rodovias que limitam esse deslocamento do ecossistema para o interior. Como efeito da redução das áreas de manguezal no Estuário da Santos e São Vicente, algumas das funções ecológicas desse ecossistema costeiro poderão ser comprometidas, entre elas a retenção de sedimentos, exportação de matéria orgânica e nutrientes para as águas costeiras adjacentes e restrição de habitat crítico para algumas espécies que se utilizam do manguezal em alguma fase do seu ciclo de vida.

Palavras-chave: efeito estufa, elevação do nível do mar, processos estuarinos, modelação física, mangues.

INTRODUÇÃO

A comunidade científica, mediante distintos estudos, concluiu que está ocorrendo uma intensificação do efeito estufa pelo significativo aumento dos gases (GEE) devido às atividades antrópicas, o que tem alterado de forma expressiva as temperaturas atmosféricas e oceânicas e os inúmeros e correspondentes padrões de circulação e clima.

Se confirmadas as projeções para a mudança do clima global futuro, os impactos poderão ser potencialmente irreversíveis. Neste caso, os países insulares e as regiões urbanas costeiras são as mais vulneráveis com possibilidades reais de inundações em médio e longo prazo. O aumento do nível médio relativo do mar trará consequências econômicas para a pesca, a agricultura, a navegação, a recreação, o lançamento de efluentes, a proteção costeira, a produtividade biológica e a diversidade (Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos, 1998).

Outras consequências expressivas podem ocorrer em muitos sistemas ecológicos e sócio-econômicos advindos de longos períodos de secas e de um provável aumento de pragas e doenças tropicais, não se afastando a possibilidade de se ter afetado o satisfatório fornecimento de alimentos e recursos hídricos, prejudicando imensamente a qualidade de vida e a saúde humana.

Uma elevação no nível médio relativo do mar de apenas 0,30 cm em trechos dominados por mesomarés e micromarés, condições que se observam em grande parte do litoral brasileiro, poderia ocasionar consequências notáveis, embora não totalmente imprevisíveis. Cidades como João Pessoa, Recife, Maceió, Aracaju, Salvador, Rio de Janeiro, Vitória, Santos, Paranaguá, Florianópolis e Rio Grande, áreas de grande densidade populacional e importantes complexos industriais-portuários e turísticos, são potencialmente inundáveis em suas porções mais baixas (Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos, 1998).

Para as regiões Sudeste e Sul do Brasil, um pequeno aumento no nível relativo do mar seria suficiente para acarretar mudanças na zonação de marismas, manguezais e faixas de transição para restinga, até sua total eliminação (Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos, op. cit.).

De acordo com a publicação IPCC (2002) as características importantes da América Latina, considerada como região com algumas das maiores concentrações de biodiversidade do planeta, vêm apresentando a perda de cerca de 1% ao ano de mangues, diminuindo assim as zonas de refúgio para peixes, crustáceos e moluscos.

A Baixada Santista, a mais populosa e urbanizada subunidade do litoral paulista, tem apresentado modificações profundas, pelas influências dos aspectos sociais e econômicos, com significativa alteração na qualidade ambiental devido à intensa urbanização (caso de Santos e São Vicente), seja ela decorrente da industrialização (complexo industrial de Cubatão), do complexo portuário (Santos) ou através do turismo (Praia Grande, Guarujá e Bertioga). O relatório PROCOP – Programa de Controle de Poluição (São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente/Cetesb, 2001) apresenta um estudo detalhado da poluição industrial e orgânica presentes no sistema estuarino de Santos e São Vicente, que tem contribuído para a degradação das áreas adjacentes. Foram apontadas também como causas da degradação as alterações físicas dos habitats resultantes de processos de assoreamento, erosão e aterros de canais e manguezais.

Os resultados do estudo, encomendado pelo Ministério do Meio Ambiente e executado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH (CTH-DAEE-USP), abrangeu grande parte dos municípios da Baixada Santista. Mostraram os prováveis cenários de inundação nas áreas urbanas e nos bosques de mangues. O auxílio financeiro foi através do Banco Mundial, GEF – Global Environment Facility e CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

ÁREA DE ESTUDO

A Baía e Estuário de Santos e São Vicente (Figura 1) está localizada ao Sul do Trópico de Capricórnio, compreendendo a área da escarpa da Serra do Mar, planície sedimentar, até o mar entre os rios Mongaguá e Itapanhaú (Bertioga), totalizando 2402 km² de área. Os municípios que delimitam

a área de estudo são Santos, São Vicente, Praia Grande, Cubatão, Guarujá e Bertioga.

Nas áreas planas do Estuário de Santos e São Vicente, sujeitas à ação das marés, ocorrem cerca de 40% de manguezais do litoral paulista (Herz, 1987), sendo que um levantamento com base em fotos aéreas de 1958 a 1989 mostrou que 58 km² dos mangues originais encontravam-se degradados e 20 km² foram aterrados para ocupação urbana ou industrial. Cerca de 50 km² mantinha-se em boas condições, grande parte situada em Bertioga (Silva *et al.*, 1991).

Conforme a publicação CETESB (2004), os mangues da Baixada Santista podem ser divididos nas seguintes áreas, de acordo com as características estruturais como altura, idade, etc: São Vicente, Estuário de Santos e Bertioga (mangue do rio Itapanhaú, região não incluída neste estudo). A área de mangue da Baixada Santista é muito importante (aproximadamente 100 km²) excluindo-se as zonas devastadas. A escassez de *Avicenia* nesse mangue talvez seja consequência do seu intenso abate para extração de tanino (Luederwaldt, 1919). Outro estudo realizado na região da Baixada foi o de Paiva Filho (1982), que relacionou a intrusão marinha no Canal dos Barreiros com a distribuição das espécies de ictiofauna.

Efeitos da elevação do nível do mar sobre os mangues

O aumento do nível do mar é uma ameaça particularmente para as áreas úmidas do Atlântico Sul. Em regiões salinas como manguezais a subida do nível do mar irá submergir as áreas úmidas, causando a morte da vegetação por estresse salino (Kennedy *et al.* 2002). Field *et al.* (2001) afirmam que as áreas úmidas costeiras poderão lidar com as alterações do nível do mar quando forem capazes de permanecer na mesma elevação relativamente à amplitude de maré. Titus & Richman (2001) consideram que a elevação do nível do mar por si só não mostram quais áreas ficarão submersas, mas é o fator mais importante e as dimensões dessas áreas irão depender principalmente dos seguintes fatores: inclinação da costa, velocidade de elevação, aporte de sedimentos e disponibilidade de área (ocupação/urbanização). Se a inclinação do terreno for suave, a taxa de elevação não for muito elevada e houver aporte de sedimentos aliado à disponibilidade de áreas mais interiores, ocorrerá apenas um deslocamento da área de manguezal sem perda significativa. Se houver aumento rápido das cotas para o interior, a área de manguezal a ser coloni-

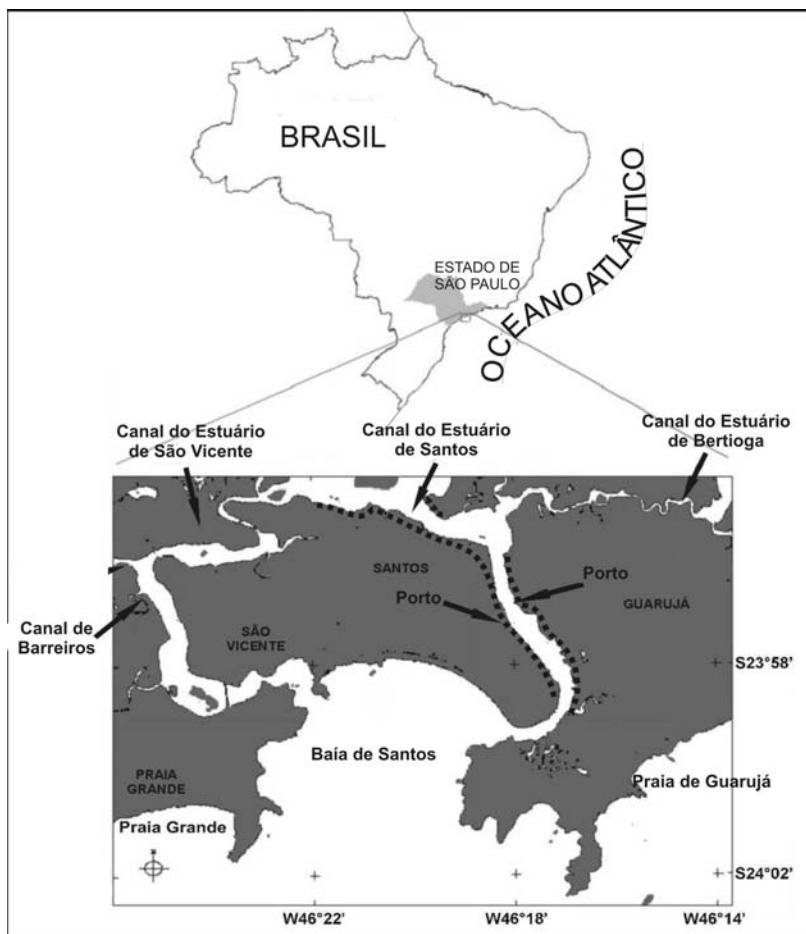


Figura 1 – Mapa mostrando a área de estudo

zada será restrita, ocorrendo perda em extensão desse ecossistema. Também se a inclinação for pequena e não houver aporte de sedimentos, a área permanentemente inundada será maior, não havendo possibilidade de colonização de novas áreas e a perda será significativa.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na área que abriga o maior porto da América Latina e a maior região metropolitana do litoral do Estado de São Paulo. Os principais objetivos deste diagnóstico foram: levantamento bibliográfico da variação do nível do mar na região; análise dos impactos da elevação do nível do mar a partir dos resultados obtidos em modelo

físico; composição e precisão de impactos sobre a fauna e flora.

A publicação U.S NRC (1987) considerou três cenários de elevação média de nível do mar para o ano de 2100, que correspondem a 0,50, 1,00 e 1,50 m. No presente estudo os resultados apresentados correspondem ao cenário mais pessimista de elevação.

O modelo físico da Baía e Estuário de Santos e São Vicente (ver Figura 2) utilizado neste estudo foi construído no Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LHEPUSP), com escalas horizontal e vertical de 1:1200 e 1:200 respectivamente. Possui área útil de 750 m² representando aproximadamente 1000 km² da região estudada. O modelo é froudiano, de fundo fixo, com escala de descarga de 1: 1:3394113 e tempo de escala de correntes de maré de 1:84,85 (Alfredini et al, 2008)

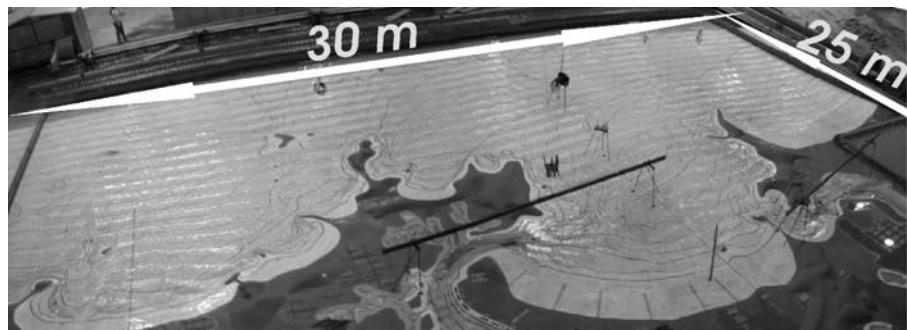


Figura 2 – Modelo físico da Baía e Estuário de Santos e São Vicente

A bacia onde está representado o modelo físico conta com geradores de ondas e de marés. O registro da agitação de ondas é realizado com pontas capacitivas e a circulação de correntes com micro-molinetes de fibra ótica (Figura 3). Tanto as pontas capacitivas como os micro-molinetes estão situados em pontos estratégicos no modelo. Para a reprodução das correntes de maré criou-se um software no próprio LHEPUSP. Também se dispõe de uma instalação zenital para a documentação fotográfica e de vídeo, cobrindo a área principal do modelo.

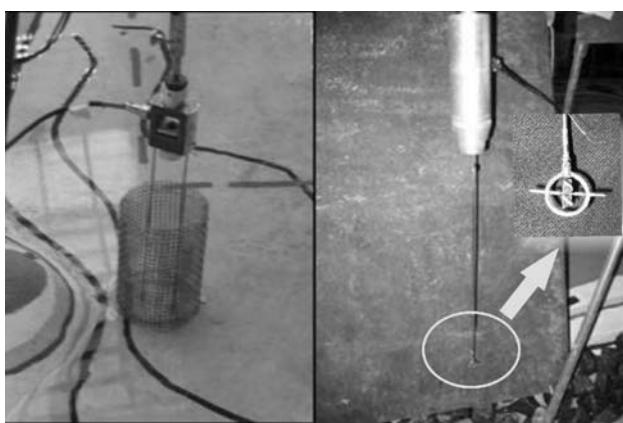


Figura 3 – Ponta capacitiva (esquerda) e micro-molinete (direita). No detalhe, o sensor

Um mapa de cobertura de vegetação também foi gerado, mostrando cenários prováveis de inundação nos mangues e a intrusão salina.

Este mapa foi criado a partir da digitalização de 29 cartas contendo pontos topográficos, curvas de nível e linhas de contorno da costa e dos estuários. Neste modelo digital de terreno foram traçados

os contornos de baixa-mar e preamar correspondentes à condição de elevação média de 1,50 m. Finalmente, uma composição de fotos aéreas (escala 1:20.000) e imagens de satélite foi sobreposta ao modelo digital de terreno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Elevação do nível médio do mar na área de estudo

A subida do nível médio do mar pode ser estimada em 1,13 mm/ano (Harari & Camargo, 1995), com base nos registros do marégrafo do Porto de Santos ($23^{\circ}56,95'S$ e $46^{\circ}18,50'W$) (ver Figura ajustada pelo método dos mínimos quadrados com regressão linear – *datum* vertical da CODESP (y) – Autoridade Portuária) de 1944 a 1992 (eixo x). Entretanto, no último ciclo astronômico sinódico Terra-Lua-Sol deste período (1973 a 1992), as baixamarés mínimas anuais elevaram-se a um gradiente de 13,2 mm/ano, o que secularizado daria 1,32 m, projetando uma verossímil elevação assintótica de 1,5 m até o ano 2100. Nesse sentido, as simulações feitas neste estudo contemplaram a elevação de 1,50 m, correspondendo ao limite superior sugerido pelo U.S NRC (1987). Estudos semelhantes foram efetuados para o marégrafo situado na área lagunar de Cananéia (200 km a sudoeste de Santos), com dados de 1955 a 1990 e na Ilha Fiscal (Baía da Guanabara, Rio de Janeiro), com dados de 1965 a 1986, accusaram valores de 4 mm/ano e 13 mm/ano, respectivamente. Verificou-se que efeitos meteorológicos de longo período, como o El Niño-Southern Oscillation (ENSO) podem ser responsáveis por variabilidades periódicas nos parâmetros de maré.

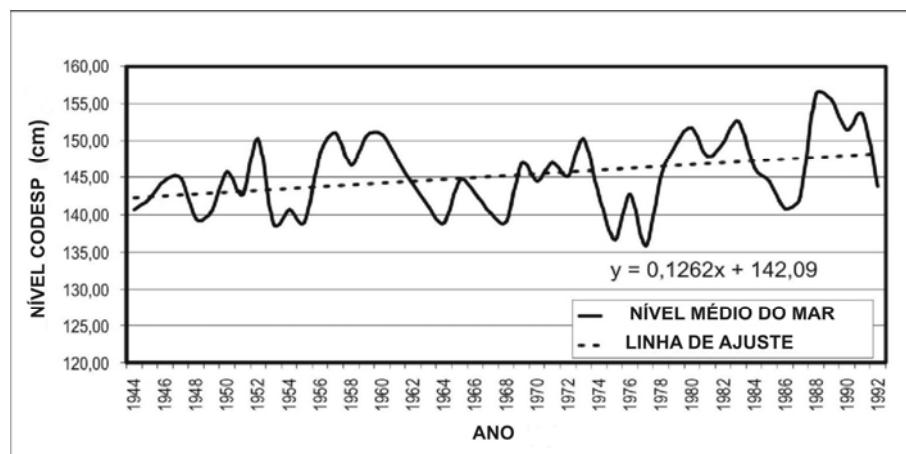


Figura 4 – Elevação do nível médio do mar no Porto de Santos (1944-1992)



Figura 5 – Calibração da rugosidade no modelo por meio do ajuste da granulometria de pedregulhos argamassados no fundo dos canais estuarinos.

Testes em modelo físico

Primeiramente, nos ensaios de calibração foi sendo modificada a rugosidade do modelo físico na zona do Estuário de Santos e São Vicente, conforme seqüenciado na Figura 5, até à configuração definitiva na qual os tempos de maré medidos no modelo físico coincidiram aproximadamente com os dados reais. O procedimento de validação consistiu na comparação das velocidades de corrente nas áreas da baía e do estuário. Uma vez calibrado e

validado, vários testes foram realizados para comparar os tempos de propagação de maré (atraso em relação ao tempo de origem) entre o nível atual e uma elevação média de 1,5 m do nível do mar (Tabela 1). O tempo de origem corresponde à preamar na maré de sizígia na Ilha das Palmas. A Tabela 2 apresenta a mudança correspondente à velocidade de corrente na Seção S1, localizado na embocadura do Estuário de Santos e a seção 10, localizado na embocadura do Estuário de São Vicente. A Figura 6 mostra parte dos estuários modelados.

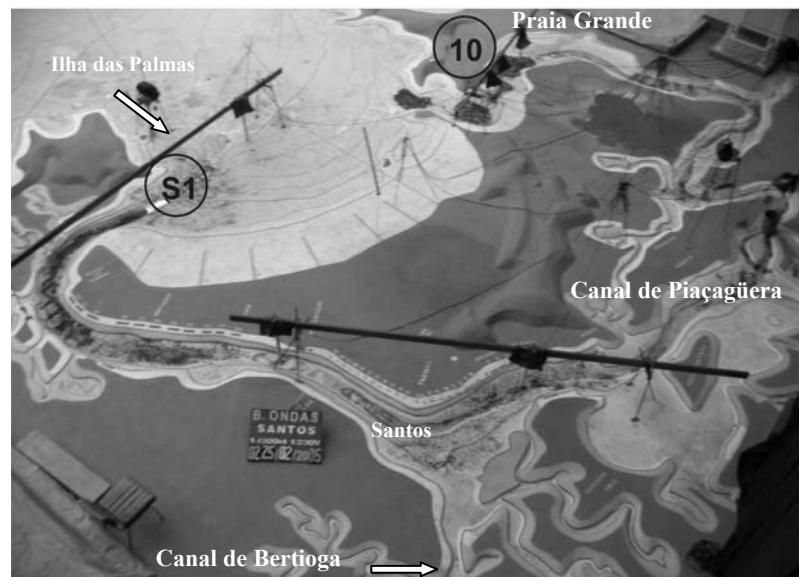


Figura 6 – Seções S1 (boca do Estuário de Santos, à esquerda) e 10 (boca do Estuário de São Vicente, à direita)

Tabela 1 – Comparação de tempo de propagação entre a situação de nível médio do mar atual e a uma elevação de 1,5 m no Estuário de Santos e São Vicente. (*) significa a zona de interferência entre as ondas de maré de Santos e São Vicente

ESTUÁRIO DE SANTOS		
SEÇÃO	MODELO (NÍVEL MÉDIO DO MAR ATUAL) – CALIBRAÇÃO	MODELO (NÍVEL MÉDIO MAR +1.5 m)
10 min (boca)	9.45 min	0.20 min
30 min	30.80 min	23.76 min
50 min	55.23 min	38.90 min
70 min (*)	67.59 min	40.38 min
ESTUÁRIO DE SÃO VICENTE		
SEÇÃO	MODELO (NÍVEL MÉDIO DO MAR ATUAL) – CALIBRAÇÃO	MODELO (NÍVEL MÉDIO MAR +1.5 m)
10 min (boca)	9.62 min	4.35 min
30 min	32.17 min	20.62 min
50 min	60.80 min	30.23 min
70 min (*)	72.86 min	38.89 min

Tabela 2 – Comparação de velocidades entre o nível atual e uma elevação de 1,5m do nível do mar

SEÇÃO	ESTADO DA MARÉ	VELOCIDADE (m/s)	NÍVEL ATUAL	VELOCIDADE (m/s) +1.5 m
S1	Enchente	1		1.04
	Vazante	0.88		0.98
10	Enchente	1.08		0.77
	Vazante	1.03		0.94

A partir das tabelas citadas, é possível observar que o aumento da prisma de maré com a elevação média do nível do mar em 1,5 m reduzirá o tempo de propagação de maré em Santos e São Vicente a partir das duas embocaduras até a zona de encontro das águas. Entretanto, a taxa de redução não é igual nos dois canais estuarinos, sendo maior no Estuário de São Vicente. Devido à essa mudança na propagação de maré dentro da área estuarina, associada ao padrão de reflexão das ondas de maré, é possível verificar o aumento da velocidade na embocadura de Santos e a redução na de São Vicente. Com esta conclusão, é possível estimar o aumento de profundidade na embocadura de Santos e a diminuição na embocadura de São Vicente.

Efeitos da elevação do nível do mar nos manguezais da região

A Figura 6 apresenta as indicações das áreas de estudo referidas a seguir, sendo a localização das áreas mencionadas assinaladas pelos códigos alfanuméricos citados entre parêntesis a seguir nas figuras.

Canal de Bertioga (CB)

No Canal de Bertioga (ver Figura 6), a região do rio Tia Maria (CB-3, Figura 7) não sofrerá grande perda. Próximo ao Largo do Candinho, as margens do rio Cabuçu (CB-4, Figura 7) não sofrerão grandes alterações. As margens do rio Trindade (Santos) terão as suas áreas entre as alças completamente submersas (CB-5, Figura 7).

O mesmo cenário ocorrerá com o rio Maranuá no município de Guarujá (CB-6, Figura 7) e

também na área adjacente ao rio Crumaú (CB-7, Figura 7). As áreas entre os rios Agari e Caipira (CB-8, Figura 7) serão completamente submersas, incluindo as ilhas em frente ao morro do Caipira.

Região de Santos (S)

No município de Santos, parte do mangue será inundado no rio Diana (S-1, Figuras 8), assim como no rio Sandi (S-2, Figura 12) e Ilha Barnabé (S-3, Figura 8).

Região de Praia Grande (PG) e São Vicente

No rio Piaçabuçu (ao norte de Praia Grande) não haverá alteração significativa mesmo com a submersão da Ilha Ermida (PG-1, Figura 9). Já seu afluente, o rio Guaramar (PG-2) apresentará uma área inundada bem superior.

A elevação do nível do mar e a intrusão salina no Estuário de Santos e São Vicente

Na década de 1960 e posteriores, com a implantação do Canal de Piaçaguera (entre C-1 e S-5), que permite acesso à Bacia de Evolução do Pólo Petroquímico e Siderúrgico de Cubatão, bem como com as dragagens de aprofundamento do Canal de Acesso ao Porto de Santos, a intrusão salina já avançou significativamente pelo Estuário do Canal do Porto. No Estuário de São Vicente nenhuma obra de dragagem, ou de outro gênero, foi efetuada que pudesse afetar a intrusão salina. No entanto, a aplicação do método de Ippen (1966) para estimar a intrusão salina aponta para uma significativa elevação dos teores de salinidade, particularmente

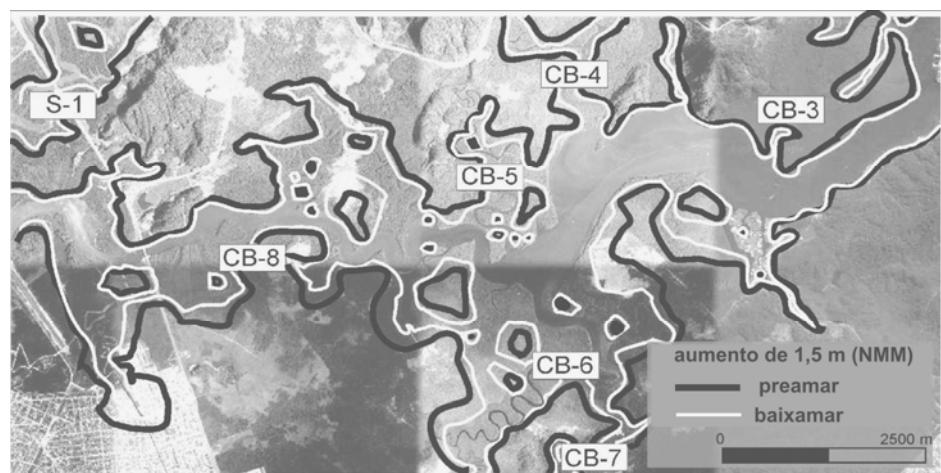


Figura 7 – Áreas do Canal de Bertioga (CB-3 a CB-8)

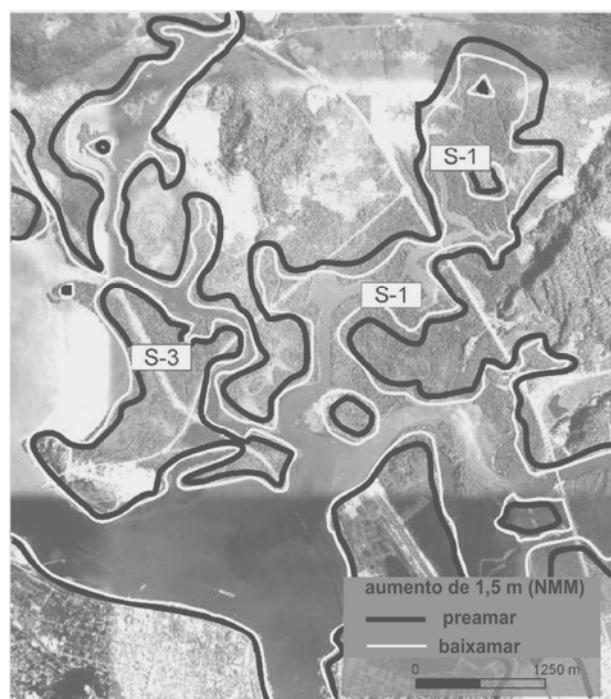


Figura 8- Área de Santos (S1 e S3)

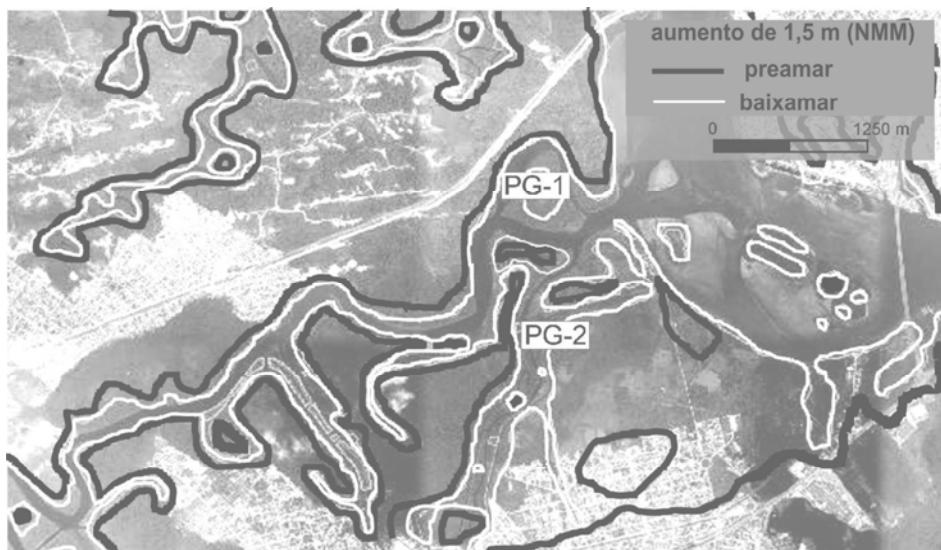


Figura 9 – Área de Praia Grande

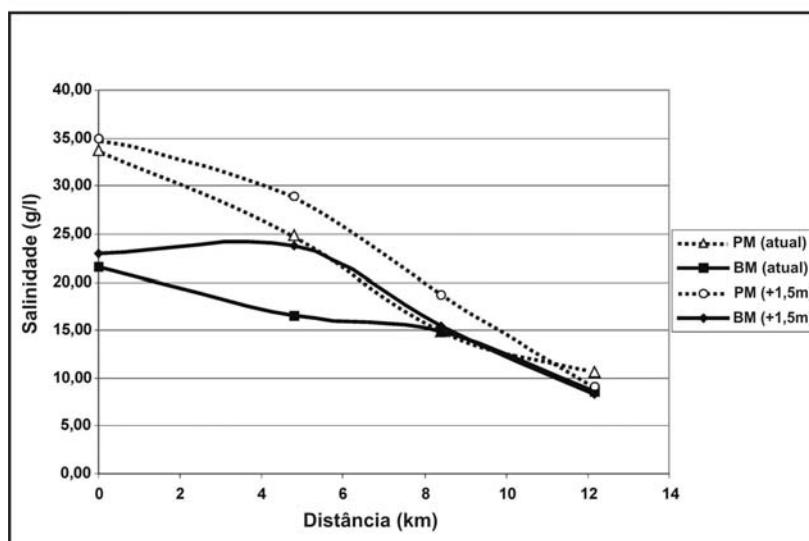


Figura 10 – Intrusão salina do Estuário São Vicente até o rio Santana

para as condições de baixa-mar (BM), comparativamente às de preamar (PM). Na Figura 16 esta comparação é mostrada, entre a situação atual (calibração) e a de uma subida do nível médio do mar de 1,5 m, considerando maré de sizígia. A distância é medida a partir da boca do estuário na Ponte Pênsil rumo ao rio Santana.

De toda a região estuarina que circunda a Ilha de São Vicente é no Canal dos Barreiros (km 0 a 4,5 a partir da boca do Estuário de São Vicente) que se desenvolve a maior atividade pesqueira, prin-

cipalmente de camarão durante o verão. A diversidade específica das espécies varia sazonalmente, sofrendo nítido declínio nos meses em que há uma menor precipitação pluviométrica e uma marcante elevação da salinidade. A ictiofauna do Estuário de São Vicente, Canal dos Barreiros, é constituída por um mínimo de 53 espécies.

Verificando-se uma maior intrusão salina em consequência da elevação do nível médio do mar relativo, deve-se esperar uma migração desta ictiofauna mais para montante do estuário, correspon-

dendo a áreas de maior contaminação atual, devido a passivos ambientais passados. Esta perspectiva leva a uma maior preocupação quanto à sobrevivência desta ictiofauna.

DISCUSSÃO FINAL

Em relação à área da Baixada Santista estudada nota-se que haverá inundação de extensas áreas de manguezal sem possibilidade de migração desses bosques para áreas mais interiores, seja em função do relevo pela proximidade da Serra do Mar, seja pela ocupação antrópica e rodovias que limitam esse deslocamento do ecossistema para o interior.

No município de Santos e Cubatão as áreas inundadas serão bastante extensas. No caso do Canal de Bertioga, onde os manguezais encontram-se mais preservados, também haverá uma perda de aproximadamente 50% dessas áreas. Ao que parece, a área interna do Estuário de Santos será praticamente toda submersa, ocorrendo a anastomose dos canais e rios. A maioria dessas áreas de manguezal será perdida. Em poucas regiões do estuário como os manguezais do rio Branco, rio Tia Maria e rio Cabuçu, as áreas de mangue serão mantidas.

Assim sendo, se esse cenário se confirmar, provavelmente haverá uma perda superior a 50% da área total de manguezal hoje existente. Outra questão importante é o que ocorrerá com o aporte de sedimento. Ele poderá compensar essa elevação? Isso poderia trazer, em algumas regiões, a possibilidade de manutenção dos manguezais.

Também é preciso verificar se as áreas não inundadas permanentemente não sofrerão interrupções dos fluxos de água por barreiras, como estradas, o que, mesmo não ocorrendo inundação permanente, não permitiria o desenvolvimento desse ecossistema.

Como efeito da redução das áreas de manguezal no Estuário da Santos e São Vicente, algumas das funções ecológicas desse ecossistema costeiro poderão ser comprometidas, entre elas a retenção de sedimentos e poluentes, exportação de matéria orgânica e nutrientes para as águas costeiras adjacentes e restrição de habitat crítico para algumas espécies que se utilizam do manguezal em alguma fase do seu ciclo de vida. Alguns trabalhos mostram que a área de manguezal está diretamente relacionada com a produção pesqueira da zona costeira adjacente e que sua redução implicaria na diminuição dessa produção (Pauly & Ingles, 1999).

REFERÊNCIAS

- ALFREDINI, P.; ARASAKI, E.; ARAUJO, R. N.; AMARAL, R.F.; BERNAL, D. 2005. *Diagnóstico sobre os efeitos da elevação do nível do mar decorrente do aquecimento global da atmosfera nos ecossistemas costeiros brasileiros- sub-região do litoral das regiões Sudeste e Sul- Estudo do caso da Baía e Estuário de Santos e São Vicente (SP)*. Relatório Final - CNPq/ FCTH-Probio. São Paulo.
- CETESB.2004. *Relatório de qualidade das águas litorâneas do Estado de São Paulo: balneabilidade das praias*, 2003.
- COMISSÃO NACIONAL INDEPENDENTE SOBRE OCEANOS. 1998. *O Brasil e o Mar no Século XXI: Relatório aos Tomadores de Decisão do País*. Rio de Janeiro.
- FIELD, J. 2001. *Potential consequences of climate variability and change on coastal areas and marine resources*. Chapter 16 - National Assessment Foundation Report.
- HARARI, J.; CAMARGO, R. 1995. *Tides and mean sea- level variabilities in Santos (SP) - 1944 to 1989*. Internal Report of Oceanographic Institute of São Paulo University, 36.
- HERZ, R. 1991. *Manguezais do Brasil*. São Paulo, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 247 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2002. *Climate Change and biodiversity*. IPCC Technical Paper V. <http://www.ipcc.ch/pub/techrep.htm>.
- IPPEN, A. T. (ed), 1966. *Estuary and coastline hydrodynamics*. Mc Graw-Hill, New York.
- KENNEDY, V.S.; TWILLEY, R. R.; KEYPAS, J. A.; COWAN, J. H.; HARE, S. R. 2002. *Coastal and marine ecosystems & global climate change - Potential effects on US resources* - Report of the Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA. 51p.
- PAULY, D.; INGLES, J. 1999. *The relationship between shrimp yields and intertidal vegetation mangrove areas: a reassessment*. p 311-316 In Yanes-Arancibia, A. & Lara- Domingues, A. L. (eds) *Mangrove Ecosystems in tropical America*. Instituto de Ecología, A C. Xalapa, México; IUCN/ORMA Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380p.
- SÃO PAULO; SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE; CETESB; LAMPARELLI, C. C.; MOURA, D.O. 1998. *Mapeamento dos Ecossistemas Costeiros do Estado de São Paulo*. São Paulo, 108 p.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 2003. *Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the*

- implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol. CDB Technical Series nº 10. <http://www.biodiv.org/doc/publications/cdb-ts.pdf>
- LUEDERWALDT, H. 1919. Os manguezais de Santos. Revista do Museu Paulista 11: 309-408.
- PAIVA FILHO, A. M. 1982. *Estudo sobre a ictiofauna do canal dos Barreiros, estuário de São Vicente, SP*. Tese de Livre Docência, Universidade de São Paulo.
- TITUS, J. B.; RICHMAN, C. 2001. *Maps of lands vulnerability to sea-level rise: modeled elevation along the US Atlantic and gulf coasts*. Climate Research vol 18 (3): 205-228.
- U. S., NATIONAL RESEARCH COUNCIL, COMMITTEE ON ENGINEERING IMPLICATIONS OF CHANGES IN RELATIVE MEAN SEA-LEVEL 1987. *Responding to changes in sea level – Engineering Implication*. September 1987.

Sea- Level Rise Effects on Marine Environment in Baixada Santista Regions in Brazil

ABSTRACT

The greenhouse effect and resulting increase in the earth's temperature may accelerate the mean sea level rise. Knowledge regarding the relative sea-level rise and its effects on coastal areas is reviewed here. Hydraulic processes, such as tidal forcing, prism, currents and storm surges, salinity intrusion and littoral processes, will be modified. The natural response of bays and estuaries to this rise, such as this case study on Santos (SP), will include change in shoreline position, land flooding and impacts on wetlands..

Keywords: *greenhouse effect, sea-level rise, estuarine processes, physical modeling, mangroves.*