

# MAPEAMENTO DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL A DERRAMAMENTOS DE ÓLEO DO SISTEMA ESTUARINO DE SANTOS, ESTADO DE SÃO PAULO

CANTAGALLO, C.<sup>1,2,3\*</sup>; GARCIA, G.J.<sup>2</sup> & MILANELLI, J.C.C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

<sup>2</sup> Centro de Análise e Planejamento Ambiental – CEAPLA, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP, CEP: 13506-900.

<sup>3</sup> Programa de Formação de Recursos Humanos 05 – ANP/ MCT - Departamento de Geologia Aplicada, Universidade Estadual Paulista, av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP, CEP: 13506-900.

\* Centro de Análise e Planejamento Ambiental – CEAPLA,  
Universidade Estadual Paulista, av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP., CEP: 13506-900  
e-mail: camilacd@gmail.com

## ABSTRACT

Cantagallo, C.; Garcia, G.J. & Milanelli, J.C.C. 2008. Mapping environmental oil spill sensitivity of Santos estuarine systems, São Paulo state. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 12(2):33-47. ISSN 1808-7035. This study presents an Environmental Oil Spill Sensitivity Map of Santos Estuarine System located in São Paulo state. This map was designed following the procedures determined by the Brazilian Federal Environment Organ (Ministry of the Environment), which classifies coastal habitats in different Littoral Sensitivity Indexes (LSI) to oil spills. This methodology was associated to a Geographic Information System. The most habitats in this area of study are mangroves and mud banks considered the most sensitive coastal habitats to oil spills (LSI 10 and 9). We have also mapped sheltered solid man-made structures (LSI 8), sheltered rocky shores (LSI 8), and "restingas" (LSI 3). As result, we have designed sensitivity maps in two spatial scales (1:80.000 and 1:25.000) and a map suggesting priority protection areas and sacrifice areas. These maps can be used in response actions in oil spills scenarios, in Emergency Plan and environmental planning aiming to minimize oil spills impacts.

**Keywords:** coastal environments, Geographic Information Systems, mangrove, oil spills sensitivity maps

## INTRODUÇÃO

Vazamentos de petróleo e derivados podem gerar graves conseqüências à vida humana, aos ecossistemas costeiros e às atividades socioeconômicas. Nas últimas décadas, percebe-se uma diminuição progressiva no número de acidentes e no volume de óleo vazado tanto internacional como nacionalmente (ITOPF, 2007; CETESB, 2007). A redução de acidentes está associada a um maior controle e cuidado nas operações envolvendo a exploração, transporte e armazenamento de petróleo, o que reflete um aumento no nível da responsabilidade ambiental induzida por uma cobrança cada vez mais acentuada da sociedade.

O desenvolvimento de acordos, códigos e instrumentos internacionais, como a Convenção de Responsabilidade Civil, London Dumping Convention, Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios e Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em Casos de Poluição por Óleo, também apontam uma

preocupação crescente e mudanças significativas no controle da poluição marinha (Silva e Figueiredo, 2002). No Brasil, a Lei Federal 9.966 de 22 de Abril de 2000, define, entre outros aspectos, que o órgão federal do meio ambiente deve consolidar os planos de contingência locais e regionais na forma de Plano Nacional de Contingência.

Todavia, permanece o risco de que ocorram vazamentos com contaminação dos ecossistemas costeiros. É imprescindível a necessidade de contínuo aprimoramento nos instrumentos de resposta a vazamentos de óleo, nas dimensões jurídicas e técnico-científicas. As ações destinadas a minimizar os impactos de um vazamento de óleo previstos pelos planos de contingência abrangem diversos aspectos como a definição dos responsáveis pelas ações, recursos disponíveis para o combate e o estabelecimento de áreas prioritárias de proteção. Um dos principais objetivos é reduzir ao máximo as conseqüências ambientais e os esforços de limpeza das áreas atingidas. Este objetivo é melhor atingido, quando os locais mais sensíveis, as áreas prioritárias

de proteção e os métodos de limpeza para cada área estão pré-definidos. É neste contexto que estão inseridas as cartas de sensibilidade, as Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo - Cartas SAO (Jensen *et al.*, 1998).

As Cartas SAO constituem um componente essencial e fonte de informação primária para o planejamento de contingência e avaliação de danos em casos de derramamento de óleo. As Cartas SAO representam uma ferramenta fundamental para o balizamento das ações de resposta a vazamentos de óleo, na medida em que, ao identificar ambientes com prioridade de proteção e aspectos sócio-ambientais, permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza. Além de seu emprego em casos de emergência, os mapas de sensibilidade também podem ser utilizados no planejamento e estudo de impacto ambiental, na definição de locais de instalação de empreendimentos. Sendo assim, reforça os instrumentos políticos e administrativos de ordenamento territorial (Brasil, 2004).

A identificação e mapeamento das áreas sensíveis a derramamentos de óleo tiveram sua origem nos planos de contingência dos Estados Unidos, em meados dos anos 70, e eram baseados apenas em características geomorfológicas (CETESB, 2002). Os autores Gundlach & Hayes (1978) associando as características biológicas com as geomorfológicas, criaram o primeiro índice de vulnerabilidade a derramamentos de óleo. A partir daí, os mapas de sensibilidade vem evoluindo e sendo adotados em diversos locais, como Mar Vermelho, no Egito (HANNA, 1995), Emirados Árabes (Jensen *et al.*, 1993), Austrália (Thompson & Mcenally, 1984), Ilha de Trinidad no Caribe (Nansigh & Jurawan, 1999), Ilha de Svalbart (Moe *et al.*, 2000) e Brasil (Awazu & Poffo, 1986; Schaeffer-Novelli, 1990; Carvalho, 2003; Wieczorek, 2007).

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), com a finalidade de padronizar a metodologia dos mapas de sensibilidade elaborou no ano de 2000, a primeira versão do documento "Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo". Nesta mesma época, acidentes ocorridos na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, e em Barcarena, Paraná, resultaram na promulgação da Lei N° 9.966/2000, conhecida como Lei do Óleo, onde a necessidade do mapeamento de áreas sensíveis ao óleo ganha caráter normativo e se torna obrigatório para toda a costa brasileira. A importância das cartas SAO no Brasil foi intensificada pela regulamentação dessa lei através da Resolução CONAMA N° 293/2001, do Decreto N° 4.136/2002 e do Decreto N° 4.871/2003.

Percebe-se então que é de suma importância que sejam desenvolvidos instrumentos, como as Cartas SAO, que representem a sensibilidade dos ecossistemas, dos recursos biológicos e socioeconômicos e que forneçam suporte à tomada de decisão durante ações emergenciais de resposta e no planejamento ambiental, minimizando os impactos negativos causados pelo óleo no ambiente.

O objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo do Sistema Estuarino de Santos, Estado de São Paulo, em escala de detalhe (1:10.000 a 1:50.000), utilizando um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Esta pesquisa também contemplou objetivos específicos como: estabelecer quais recursos biológicos e socioeconômicos devem ser protegidos prioritariamente e propor áreas de sacrifício visando proteção de áreas sensíveis, como contribuição aos órgãos ambientais e gestores das emergências.

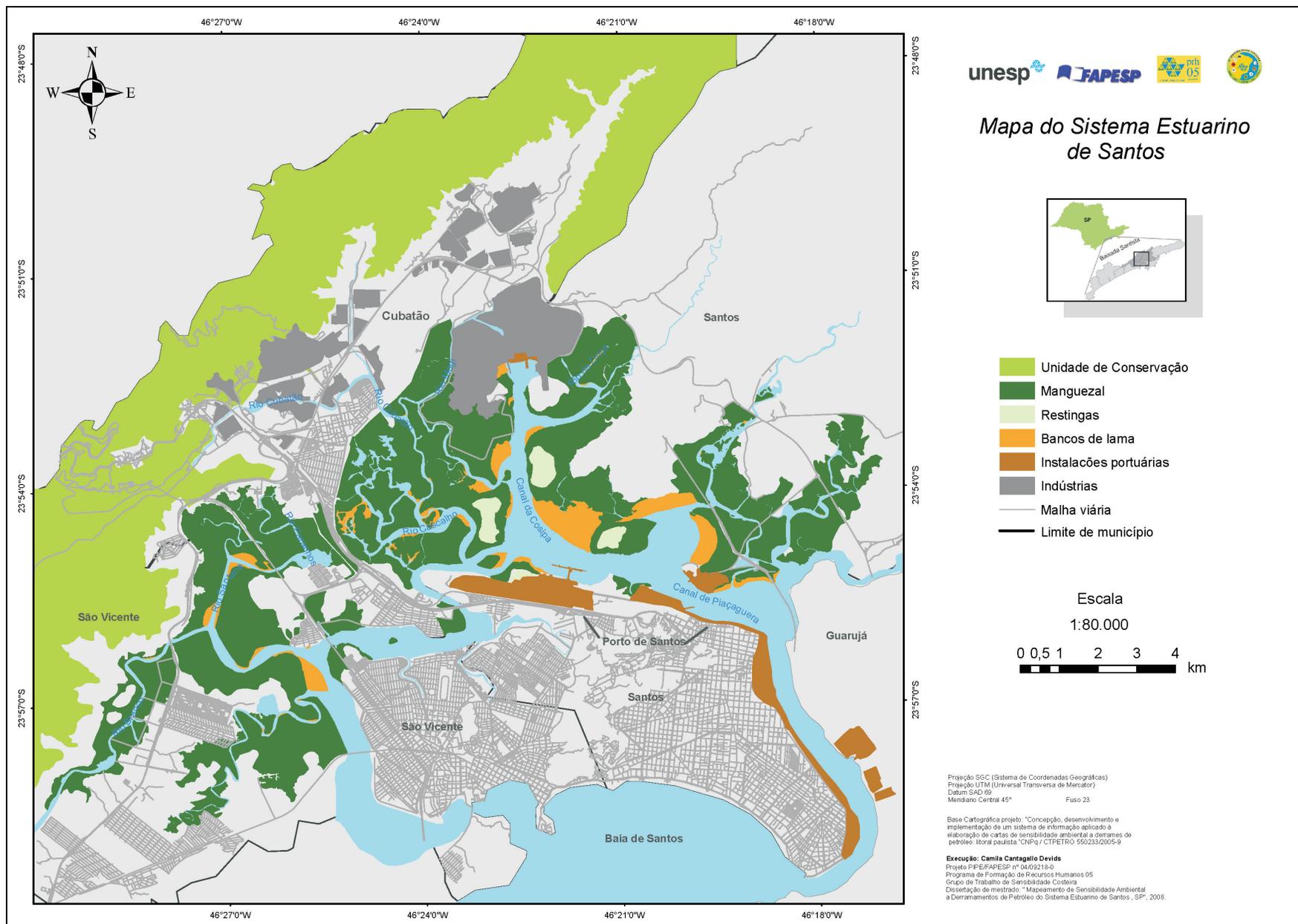
Este estudo faz parte de um trabalho de mapeamento oficial do Estado de São Paulo e está sob responsabilidade do Grupo de Trabalho de Sensibilidade Costeira, que está integrado ao Programa de Formação de Recursos Humanos - PRH 05) da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Brasil.

#### *Caracterização da Área de Estudo*

O Sistema estuarino de Santos localiza-se na região denominada Baixada Santista, litoral do estado de São Paulo. A área de estudo possui em torno de 160 km<sup>2</sup> e inclui, além do estuário de Cubatão, que abrange os rios Cubatão, Cascalho, Casqueiro, Mogi e Canal de Piaçaguera (Canal da COSIPA), porções estuarinas de São Vicente a oeste, que inclui o Largo de São Vicente, Largo do Pompeba e rios Paranhos, Santana, Branco e Mariana, e de Santos a leste, que abrange o Largo do Caneu e os rios Jurubatuba, Diana e Sandi. Este complexo estuarino comunica-se com as Baías de Santos e São Vicente e, através destas com o mar aberto (Fig. 1).

A Baixada Santista possui clima quente e úmido com temperatura média superior a 20° C e precipitação anual variando de 2000 a 2500 mm. A distribuição anual das chuvas mostra uma forte concentração nos meses de verão (janeiro a março) (Santos, 1965). A atmosfera da Baixada apresenta alta umidade relativa do ar ao longo do ano, variando em torno de 80%. Isto se deve ao fato do clima da região ser controlado por massas de ar tropicais e polares (Sant'anna-Neto, 1990).

A hidrodinâmica costeira é influenciada pelo movimento das marés, pelas correntes de maré, pelos ventos e pelas descargas de águas fluviais. A maré no estuário estudado tem caráter semidiurno; a amplitude



35 Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo: Sistema Estuarino de Santos, Estado de São Paulo.

média de sizígia é de 1,23 m e a de quadratura é igual a 0,27 m (para o Porto de Santos). As frentes frias, freqüentes na região, especialmente durante o inverno, produzem alterações no nível médio do mar, que podem ultrapassar meio metro (Harari & Camargo, 1995).

A planície de Santos, incluindo a baía e o estuário, é formada predominantemente por areias marinhas, depósitos argilo-arenosos, fluvio-lagunares e sedimentos de fundo de baía com desenvolvimento pronunciado de manguezais (Tessler, 1994). Os sedimentos de fundo do estuário são predominantemente constituídos por silte fino gradacionado até areia muito fina, não se registrando em geral, tendência de assoreamento rápido (Fúlfaro & Ponçano, 1976).

Os ambientes predominantes na área são os manguezais e os bancos de lama. O manguezal existente na área de estudo concentra-se principalmente ao longo dos rios Cubatão e Cascalho, Rio Branco, Largo do Caneu, Canal de Piaçaguera e Largo de Santa Rita. Os bancos de lama ou lodo são ambientes de grande importância no ecossistema manguezal. Estes bancos são formados pela deposição de sedimentos finos em áreas abrigadas de correntes. Geralmente ocorrem onde rios chegam ao mar e perdem velocidade, depositando o material que carregam ao longo das margens de rios e canais (Olmos & Silva, 2003).

A indústria de base juntamente com atividades portuárias são a base econômica da região. Existem atualmente 24 indústrias na região de Cubatão e terminais como Alemoa, Ilha de Barnabé e o Terminal Marítimo Privativo de Cubatão. Por estes circulam produtos químicos e derivados de petróleo. A área possui uma extensa malha de dutos que cortam terrenos de alta declividade na Serra do Mar, extensas áreas de manguezal, áreas urbanas e industriais e instalações portuárias. Estes empreendimentos atraíram um elevado contingente de mão-de-obra de outras regiões do país o que causou sérios problemas sócioambientais. A procura de habitações próximas ao local de trabalho e a falta de recursos para a aquisição de moradias pela população mais pobre, leva a ocupação de terras inaptas à construção ou próximo a áreas industriais. A ocupação ilegal ocorre em terrenos pouco valorizados ou públicos, às margens de rodovias ou ferrovias, nas escarpas ou em regiões de manguezais, e.g., Vila dos Pescadores, (Gutberlet, 1996).

## MATERIAL E MÉTODOS

O método adotado para o mapeamento de sensibilidade a vazamentos de petróleo foi baseado na metodologia proposta pelo Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2004). O mapeamento de sensibilidade

depende da união de três tipos de informação: parâmetros físicos, que determinam os ambientes costeiros e índices segundo o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL); informações biológicas, que determinam os grupos biológicos, principais locais de ocorrência, áreas de alta concentração de espécies, locais de reprodução, descanso e alimentação, e os recursos socioeconômicos vulneráveis como zonas de pesca, áreas de turismo, comércio, aqüicultura e outros.

As Cartas SAO são agregadas a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e um Sistema de Banco de Dados Geográficos. Estas ferramentas facilitam o manuseio de grande volume de informações e possibilita a integração entre as diversas informações sobre os ambientes envolvidos, sua sensibilidade ao óleo, localização dos equipamentos de emergência, ações de resposta, recursos biológicos e socioeconômicos.

### *Mapeamento dos Ambientes Costeiros*

Primeiramente foi realizado um mapeamento preliminar através da interpretação de ortofotos cedidas pelo Instituto Florestal (SMA, 2000) utilizando a ferramenta computacional ArcGis 9.1. As ortofotos, devido a alta resolução, permitiram mapear as feições em uma escala de 1: 5.000 possibilitando um trabalho detalhado. Este mapeamento preliminar foi utilizado como referência para os trabalhos de campo, e foi refinado com estes dados para compor os mapas de sensibilidade. Foram mapeadas as seguintes feições: área urbana, principais indústrias, estruturas artificiais de uso humano, unidades de conservação, bancos de lama, manguezais, canais, principais vias de acesso e a linha de costa. Todas as feições foram mapeadas como polígonos e linhas, com exceção das vias de acesso, que foram mapeadas somente como linhas. Isto se deve ao fato dos polígonos permitirem melhor visualização espacial e cálculo da área do ambiente, já o mapeamento em linha segue a metodologia de Brasil (2004) e facilitará posteriormente a edição do Índice de Sensibilidade do Litoral nos mapas finais.

A base cartográfica utilizada neste estudo foi digitalizada a partir de cartas topográficas do IBGE, escala 1: 50.000 (1969 a 1972) e ajustadas às ortofotos digitais do Instituto Florestal (SMA, 2000). Obteve-se esta base para a elaboração dos mapas de sensibilidade através do projeto: "Concepção, desenvolvimento e implementação de um sistema de informação aplicado à elaboração de cartas de sensibilidade ambiental a derrames de petróleo: litoral paulista" (MCT/CTPetro n. 550233/2005-9). Com relação à batimetria, as principais isolinhas, ou seja, as de maior profundidade, que são de 6, 10 e 12 m foram digitalizadas a partir das Cartas Náuticas do DHN (B1701-Canal de Piaçaguera, 1:15.000, B1701- Porto de Santos, 1:23.000, 1975).

Toda a linha de costa foi visitada em campanhas de campo realizadas em Julho e Dezembro de 2006. Todo o estuário foi percorrido com embarcação de pequeno porte, porém em uma porção de manguezal foi possível ser mapeada por terra (Ilha Caraguatá). A área foi dividida em segmentos homogêneos e devidamente nomeados de acordo com Brasil (2004). Para a delimitação de cada segmento foi utilizado o critério da homogeneidade das características geomorfológicas (e.g. trechos contínuos de praias, costões) e biológicas (e.g. manguezal, marisma). Ocorrências de feições ou elementos pontuais em trechos onde a feição predominante é diferente (e.g. a existência de uma formação rochosa) foram mapeadas como pontos, fotografadas e suas coordenadas registradas em GPS, calibrado para o *Datum* SAD 69.

As informações foram colocadas em planilhas de campo de acordo com modelo proposto pelo MMA, com algumas adaptações que visaram o detalhamento de algumas informações e a otimização do tempo em campo. Foram levantadas informações referentes a localização e caracterização dos ambientes estuarinos: manguezais, afloramentos rochosos, estruturas artificiais, bem como seu estado de conservação, uso humano (áreas e estruturas de pesca, lazer, comércio, ocupação) e fontes de poluição. Informações relevantes para a resposta a vazamentos de óleo, como acesso e localização de equipamentos foram georeferenciados e descritos.

#### *Recursos Biológicos*

As informações sobre os recursos biológicos foram obtidos de estudos pré-existent e bancos de dados biológicos. Foram extraídas informações sobre a ocorrência das espécies, habitats, áreas de alimentação e reprodução. As espécies foram agrupadas em invertebrados aquáticos, anfíbios, peixes, répteis, aves e mamíferos. Foram também consideradas observações feitas em campo. Após a organização dos dados em tabelas, estes foram inseridos no banco de dados geográfico e posteriormente nas Cartas SAO através de ícones pré-definidos por Brasil (2004).

#### *Recursos Socioeconômicos*

As atividades e locais de uso humano como ocupações, estruturas náuticas, áreas de mineração, áreas de pesca e lazer foram localizadas e descritas brevemente. As fontes potenciais de poluição e impactos antrópicos como desmatamentos, presença de resíduos sólidos, esgoto entre outros também foram mapeados com a finalidade de localizá-los nas Cartas SAO através de ícones (Brasil, 2004). Os acessos aquáticos, terrestres e aéreos e áreas que podem ser utilizadas nos cenários de emergência, como áreas de disposição de resíduos sólidos e de disposição de

equipamentos, também foram mapeados e localizados nos mapas.

#### *Sistema de Informação Geográfica*

A base de dados cartográficos, composta de ortofotos, cartas topográficas, cartas náuticas e mapas temáticos, foi padronizada. Foi adotado o Sistema de Coordenadas Geográficas e o *Datum* SAD 69. Os atributos foram organizados em tabelas.

Foi estruturado um banco de dados dentro do software ArcGIS 9.0. Este possui uma forma hierárquica de organização de dados espaciais e tabulares. Dentro do aplicativo foi criado um "*Geodatabase*". O *Geodatabase* gerencia todas as informações espaciais e não espaciais que serão utilizadas nas Cartas SAO. Dentro deste *Geodatabase* foram criados os "*Feature Datasets*" que consistem em agrupamentos de elementos espaciais que possuem que possuem a mesma referência espacial e são os planos principais de informação. Procurou-se organizar os *Feature Datasets* por temas, são eles: ambientes, recursos biológicos, recursos socioeconômicos, aspectos físicos e resposta, além da base cartográfica (Fig. 2). Dentro dos *Feature Datasets* foram criados os "*Feature Classes*" que são elementos espaciais com a mesma geometria que podem ser pontos, linhas ou polígonos. Por exemplo, todos os *Feature Classes* referentes a informações socioeconômicas foram organizados dentro de um *Feature Dataset* chamado "Recursos Socioeconômicos". Cada *Feature Class* possui uma tabela de dados associados sendo que cada ponto, linha ou polígono representa uma linha na tabela. Cada segmento dos ambientes estará associado ao banco de dados através de um código, incluindo o banco de imagens. No banco de dados constam informações que definem o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os ambientes que ocorrem na área de estudo são: manguezais, bancos de lama, restingas, estruturas artificiais, costões rochosos, barrancos fluviais e arenosos. A linha de costa mapeada possui aproximadamente 300 km de comprimento, sendo 156.2 km de manguezais, 115.7 km de bancos de lama, 18.2 km de estruturas artificiais, 7 km de barrancos fluviais e 2 km de barrancos arenosos. Os costões rochosos ocorrem pontualmente ao longo do estuário e, como foram mapeados como pontos, não apresentam dimensão.

Os manguezais e bancos de lama predominam entre os ambientes presentes na linha de costa com 52 % e 39 % respectivamente. Conseqüentemente, os Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL) dominantes são

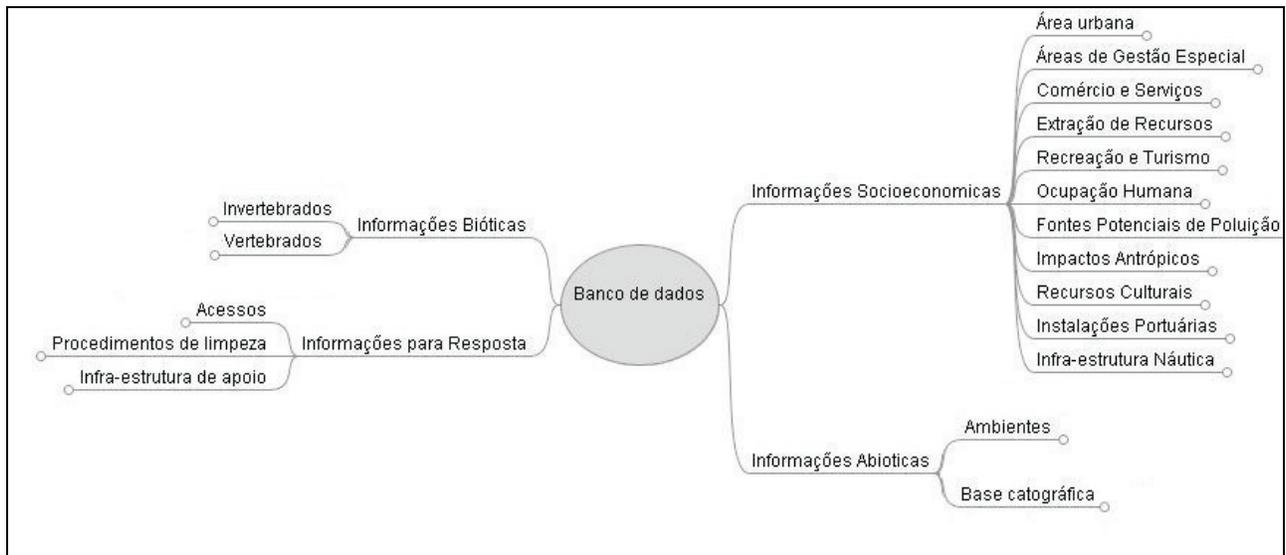


Figura 2 - Estrutura do banco de dados espacial.

9 e 10, ou seja, os mais altos na escala de sensibilidade o que torna o estuário uma área de alta sensibilidade ao óleo.

#### Manguezais

Os manguezais constituem o ambiente mais representativo na área de estudo apresentando uma área de 54,8 km<sup>2</sup>. É considerado, na escala de sensibilidade, o ambiente mais sensível a contaminação por óleo, sendo classificado com o ISL 10. Isto se deve, entre outros fatores: ao baixo hidrodinamismo, que dificulta a remoção natural do óleo; a presença de sedimento lamoso pobre em oxigênio, o que torna a biodegradação mais lenta e a escassez de procedimentos de limpeza eficientes que não causem impactos adicionais ao ecossistema. Tudo isto, faz com que o óleo permaneça neste ambiente por um longo período de tempo que pode superar 20 anos (Burns, 1993).

O manguezal da área de estudo é composto por três espécies arbóreas principais. A espécie *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho) predomina em áreas com maior correnteza crescendo em margens de rios e áreas mais expostas como pode ser observado ao longo de rios como o Quilombo e o Morrão. Outra espécie é a *Avicennia schaueriana* (mangue-preto) que pode ser considerada a mais abundante do estuário de Cubatão, Santos e São Vicente. Esta espécie resiste a salinidades mais altas e ocorrem afastadas das margens de rios. A terceira espécie é a *Laguncularia racemosa* (mangue-branco) que são mais frequentemente encontradas em áreas de deposição de sedimento fino como nas curvas dos rios, praias estuarinas lodosas e no interior das florestas de mangue (Olmos & Silva, 2003).

Outras plantas também fazem parte dos manguezais. Há a ocorrência nas bordas dos manguezais, em alguns pontos, áreas colonizadas por *Spartina* sp, indicando áreas em processo de sedimentação ativa (Dias-Brito & Zaninetti, 1979). Dentro do ecossistema manguezal, esses “bancos de *Spartina*” devem ser considerados de proteção prioritária no caso de um vazamento de óleo.

#### Bancos de lama

Os bancos de lama constituem o segundo ambiente mais representativo do estuário de Cubatão e entorno ocupando uma área de 5 km<sup>2</sup> de área total. São considerados, na escala de sensibilidade, como um dos ambientes mais sensíveis sendo classificados com o ISL 9.

Estes ambientes ocorrem, na área de estudo, sempre associados aos manguezais, em áreas onde o hidrodinamismo é baixo propiciando a deposição dos sedimentos. Estas áreas podem ser chamadas de áreas de progradação e possibilitam a colonização da vegetação de mangue segundo Dias-Brito & Zaninetti (1979).

Foram mapeados diversos bancos de lama ao longo do estuário sendo que o maior possui em torno de 1,35 km<sup>2</sup> e localiza-se na entrada do Canal da COSIPA no Largo do Caneu. Esses bancos de lama são extremamente importantes para a fauna local. Uma série de animais como moluscos, crustáceos e vermes vivem em tocas escavadas na lama. Durante a maré alta, peixes, siris e caranguejos vêm alimentar-se destes animais, podendo ficar presos em poças quando a maré baixa. Neste período aves como garças, guarás, maçaricos, batuíras entre outros vem alimentar-se destes animais (Olmos & Silva, 2003).

### *Costões rochosos*

Os costões rochosos ocorrem pontualmente ao longo do estuário. Foram mapeados neste estudo 37 pontos de costões rochosos e classificados de acordo com sua morfologia: blocos e matacões, seixos e costão liso. Os costões formados por blocos, matacões e seixos são os tipos predominantes na área de estudo somando 86% dos costões mapeados.

Os costões formados por blocos, matacões e seixos possuem grande quantidade de fendas, depressões e cavidades que propiciam o desenvolvimento de micro-habitats tornando-se refúgios para a biota. Os refúgios são de extrema importância para a manutenção das populações que vivem nestes ambientes (Milanelli, 2003).

Devido a isso, estes costões devem ser considerados de alta sensibilidade ao óleo, pois além da importância biológica, os refúgios favorecem a penetração do óleo e funcionam como armadilhas, dificultando sua remoção.

Infelizmente, este critério não é considerado, pela metodologia adotada, na definição do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), sendo o hidrodinamismo o aspecto principal na definição da sensibilidade ao óleo. Isto se deve ao tempo de permanência do óleo no ambiente, visto que em costões mais expostos a ação das ondas, o óleo tende a ser removido mais rapidamente.

Brasil (2004) classifica a sensibilidade dos costões rochosos da seguinte maneira:

ISL 1: Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos

ISL 2: Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos

ISL 6: Depósito de tálus

ISL 8: Encosta de rocha lisa, abrigada; encosta de rocha não lisa, abrigada

Como é possível observar, a classificação mostrada acima não contempla os diferentes tipos de costões que ocorrem em ambientes abrigados. Os costões lisos abrigados e os costões de matacões abrigados são ambos classificados como ISL 8. Para este trabalho os costões mapeados foram classificados com o ISL 8 de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2004). Entretanto, propõe-se que estes ambientes sejam incluídos na metodologia para elaboração das Cartas SAO.

### *Restingas*

As restingas também estão presentes no estuário ocupando uma área de 1,4 km<sup>2</sup>. Estes ambientes formam "ilhas" circundadas por florestas de mangue. Isto se deve ao processo de elevação do solo

em relação às marés fazendo com que as chuvas lavem o excesso de sal do solo e uma camada de água-doce, mais leve que a salgada, forma-se abaixo da superfície do solo e espécies de plantas sem muitas adaptações a água salgada se estabelecem neste terreno mais elevado (Olmos & Silva, 2003).

De acordo com Brasil (2004), as restingas apresentam baixa sensibilidade e são classificadas com o ISL 3. Como as restingas localizam-se no supralitoral (região que raramente fica submersa), são mais afetadas pelos impactos indiretos causados nas operações de combate e limpeza em um vazamento de óleo como: supressão de vegetação, abertura de trilhas, disposição de resíduos, pisoteio e tráfego de veículos.

Apesar da baixa sensibilidade ao óleo, as restingas são ambientes de grande diversidade ecológica sendo habitada por muitas espécies e utilizada também por animais são utilizadas por diversas espécies como áreas de reprodução, alimentação, descanso e rota migratória. Portanto, as ações de combate devem ser bem planejadas para que sejam minimizados os impactos nestes ambientes (Cantagallo *et al*, 2007).

### *Estruturas artificiais*

As estruturas artificiais estão bastante presentes na área de estudo, sempre associadas a atividades humanas como em bairros e terminais. Esta feição corresponde a 18.2 km de extensão e pode ser de dois tipos: enrocamentos abrigados de pedras e estruturas artificiais lisas abrigadas de concreto ou blocos.

Ambas as feições foram classificadas com o ISL 8 de acordo com a metodologia adotada. A feição estruturas artificiais lisas abrigadas, foram classificadas com este índice, pois o comportamento do óleo assemelha-se ao das escarpas e encostas de rocha lisa abrigada (BRASIL, 2004).

### *Fauna e sua sensibilidade ao óleo*

O levantamento bibliográfico das espécies presentes no Sistema Estuarino de Santos indica a presença de 352 espécies de vertebrados sendo 75 de peixes, 12 de anfíbios, 44 de répteis, 19 de mamíferos e 202 de aves.

O Sistema Estuarino de Santos abriga grande biodiversidade no que diz respeito à ictiofauna. Diversas espécies de peixes, que ocorrem nos manguezais e estuários, colonizam estes ambientes durante a fase larval ou juvenil e depois migram para o mar na fase adulta (e.g. tainhas e paratis). É por isso que os estuários em geral são considerados verdadeiros "berçários". Há também as espécies que adentram os manguezais apenas durante o período da maré alta para se alimentarem e há também espécies que passam

toda a vida nos estuários (e.g. robalos) (Olmos & Silva, 2003).

Há a presença de espécies de grande importância comercial para as comunidades da região, principalmente das famílias Mugilidae e Gerreidae como *Mugil curema* (parati), *Mugil platanus* (tainha), *Eucinostomus melanoterus* e *Eucinostomus argenteus* (carapicus). As espécies *Centropomus undecimalis* e *Centropomus mexicanus* são bastante apreciados na pesca esportiva e sustentam a atividade comercial das náuticas localizadas na Ilha Caraguatá (Cubatão). Outros peixes de importância comercial são os bagres (Ariidae), as pescadas (Scianidae), os badejos (Serranidae). A família de peixes que possui maior quantidade de espécies levantadas é a família Characidae (lambaris). São peixes de água doce que podem viver nos manguezais durante a época chuvosa devido a diminuição da salinidade e a correnteza que os arrasta pelos rios até os estuários. As espécies deste grupo servem de alimento para as aves. As espécies *Anchoiella lepidentostole* e *Anchoa clupeoides* (manjubas) e *Harengula clupeola* (sardinhas) também são bastante abundantes e fazem parte da dieta das aves do estuário (Olmos & Silva, 2003).

A presença de anfíbios na área do estuário é restrita devido principalmente à água salobra que impede o estabelecimento destes animais. Como os anfíbios possuem pele fina e permeável estão sujeitos à desidratação caso entrem em contato com água salgada. Entretanto, existem registros de algumas espécies de anfíbios em brejos e lagoas de água doce que ocorrem na área como o Dique do Furadinho e no Terminal Marítimo da Ultrafértil (Olmos & Silva, 2003; coleções MHN-anfíbios; DZSJRP e CFBH). As espécies mais registradas pertencem à família Hylidae.

Entre os répteis, destaca-se a espécie *Caiman latirostris* (jacaré-de-papo-amarelo). Pode ser encontrado no Rio Morrão e no Canal da COSIPA, porém são raros e sofrem grande pressão antrópica referente a caça. A tartaruga marinha *Chelonia mydas* que é frequentemente encontrada nas baías de Santos e São Vicente, também foram encontradas nos manguezais. As serpentes da família Colubridae são as mais registradas no Sistema Estuarino de Santos. Duas espécies bastante comuns são *Liophis miliaris* e *Helicops carinicaudus* conhecidas como cobra-verde e cobras-d'água respectivamente. Nas ilhas de restinga, também podem ser encontradas espécies de maior porte como *Bothrops jararacussu* (jararacuçu) (Olmos & Silva, 2003).

São poucos os mamíferos encontrados nos manguezais de Santos, Cubatão e São Vicente. As 19 espécies levantadas pertencem a 12 famílias, sendo que a família Muridae (pequenos mamíferos roedores) predomina somando 33%. A espécie mais

característica dos manguezais da região é o *Procyon cancrivorus*, um carnívoro de hábitos noturnos conhecido como mão-pelada. Foi registrada a presença desta espécie nos rios Saboó, Alemoa, Quilombo, Cubatão e Cascalho. Outro carnívoro encontrado é a *Lutra longicaudis* (lontra) presente nos cursos superiores dos rios, mas já foi observada no Rio Cubatão (Olmos & Silva, 2003). Nas áreas de capim alto e nos brejos podem ser encontradas as espécies *Hydrochaeris hydrochaeris* (capivara) e *Myocastor coypus* (rato-dobanhado).

De acordo com os autores Olmos & Silva (2003), até a década de 50 era comum ver botos no estuário. Hoje esta visão é bastante rara e apenas ocasionalmente observa-se indivíduos de *Sotalia brasiliensis* (boto-cinza) no Rio Diana e Rio Jurubatuba.

Deve-se destacar o grupo das aves aquáticas, as quais ocorrem em grande densidade e diversidade em todo o estuário formando o grupo mais bem estudado. Foram levantadas 202 espécies através de referências bibliográficas. Foi bastante utilizado o trabalho de Olmos & Silva (2003) que realizam pesquisa nesta área desde 1993.

As espécies da família Tyrannidae (bem-te-vis, anambés, araponga e uirapuru) são as mais registradas. São aves passeriformes que formam um grupo extenso, diverso e adaptado a habitats e modos de alimentação variados.

Com relação às aves aquáticas foram levantadas 100 espécies que ocorrem no Sistema Estuarino de Santos e dependem dos rios, canais, florestas de mangue, brejos ou vindas do oceano. Algumas são vistas com mais facilidade como é o caso das garças, socós, biguás e o guará. Durante as campanhas de campo foi registrada a presença de algumas espécies (29) que constam nas referências bibliográficas. A mais observada no período foi a garça-azul (*Egretta caerulea*) somando 1090 indivíduos avistados ao longo do estuário. Em segundo lugar ficou o guará-vermelho (*Eudocimus ruber*) com 465 indivíduos avistados. O biguá (*Phalacrocorax brasilianus*), a garça-branca-pequena (*Egretta thulae*) o socó-caranguejeiro (*Nyctanassa violacea*) também foram bastante avistados (414, 386 e 100 indivíduos respectivamente). Outras espécies foram registradas durante as visitas ao estuário porém com menor frequência e em menor número como a *Ardea Alba* (garça-branca-grande), *Ardea cocoi* (garça-cinza), *Rynchops nigra* (talha-mar), *Sterna* sp. (trinta-reis), *Anas bahamensis* (marreca-toucinho), *Rallus longirostris* (saracura), *Chloroceryle amazona* (martim-pescador), *Coragyps atratus* (urubu), *Platalea ajaja* (colheiro) e alguns gaviões.

É importante ressaltar que todas as espécies levantadas fazem parte de uma complexa cadeia trófica e uma perturbação como um vazamento de óleo pode

causar sérios impactos. As aves aquáticas podem ser consideradas um grupo bastante sensível a vazamentos de óleo, pois habitam, reproduzem-se, alimentam-se e descansam em ambientes localizados na interface água-terra como os bancos de lama e os manguezais. Devido a isto, é de extrema importância que estes ambientes sejam protegidos com prioridade.

Com relação ao levantamento de informações sobre recursos biológicos exigidos na metodologia do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2004) deve ser feita uma observação. É estabelecido que para cada espécie levantada na literatura deve conter informações ecológicas sobre densidade, presença sazonal, períodos especiais do ciclo de vida e dados a respeito da reprodução e desenvolvimento (desova, incubação, acasalamento etc). Certamente estas informações são de extrema importância para a tomada de decisões nas emergências e também para avaliação de impacto, todavia é praticamente inviável o levantamento de todas estas dados tendo em vista a grande diversidade de espécies presentes em ambientes costeiros e estuarinos e a carência de informações biológicas/ecológicas disponíveis sobre estas espécies. Além disso, quando se trata de espacializar a ocorrência e área de vida de uma espécie a deficiência de informações é ainda maior. Portanto, a proposta do Ministério do Meio Ambiente para a compilação de dados biológicos pode ser considerada ideal, porém uma meta difícil de ser alcançada.

#### *Aspectos socioeconômicos*

A região de estudo possui na indústria e nas atividades portuárias sua base econômica. Foram mapeados em campo os empreendimentos que se localizam em contato direto com o estuário como os terminais de Alemoa, Ilha Barnabé e da siderúrgica COSIPA e o Porto de Santos. Estes empreendimentos podem ser considerados as fontes potenciais de poluição de maior magnitude dentro do estuário.

As atividades de comércio e serviços disponíveis na área de estudo são escassas, assim como as atividades turísticas.

Com relação à pesca, observou-se que a pesca artesanal, para subsistência e lazer, é bastante intensa em todo o estuário. Além de peixes, pesca-se siris e coleta-se caranguejos nos manguezais durante o ano todo. Estes recursos são intensamente utilizados pela comunidade de pescadores artesanais da Vila dos Pescadores (Município de Cubatão) os quais movimentam dezenas de canoas voltadas exclusivamente à captura desses crustáceos. Segundo Severino-Rodrigues *et al.* (2001) estas embarcações atuam em 12 locais de pesca na região, sendo que as capturas dos desembarques amostrados ocorreram no Rio Cascalho (37%), Rio Cubatão (16%), Rio Capivari

(11%), Ilha dos Bagres (10%), Rio Casqueiro (10%), Rio das Neves (10%) e Rio Branco (3%). Os cinco locais restantes (Rio Pedreira, Rio Morrão, Rio Jurubatuba, Rio Mariana e Rio Quilombo), em conjunto, foram responsáveis por apenas 3% dos desembarques.

Com relação ao acervo histórico-cultural de Santos, Cubatão e São Vicente, sabe-se que é bastante rico. Existem três sítios arqueológicos de sambaqui em Cubatão: o sambaqui de Piaçaguera (localizado dentro da área da Cosipa), o sambaqui da Ilha do Casqueirinho e o sambaqui do Sítio Cotia-Pará (junto a Vila Natal, ainda inexplorado) (Lorejan & Raimundo, 1998). Entretanto, nenhum deles pôde ser mapeado visto que se localizam dentro de áreas particulares. Nos mapas foram apenas colocados as referências espaciais de cada sítio. Há a presença também de uma comunidade considerada tradicional de pescadores (Vila Diana) e que deve ser protegida prioritariamente no caso de um vazamento de óleo.

#### *Acessibilidade e informações para a resposta*

As informações sobre condições de acesso são fundamentais em casos de emergência envolvendo vazamentos de óleo, pois facilita o planejamento das ações de resposta: a mobilização de pessoal, o tipo de veículo e os equipamentos mais adequados a serem utilizados.

O acesso terrestre é viável devido a presença de rodovias que cortam o estuário como o sistema Anchieta-Imigrantes (SP 150 e SP160), rodovia Pe. Manoel da Nóbrega (SP 055), rodovia Piaçaguera-Guarujá (SP 055), Rio-Santos (BR 101) e pelas ruas de bairros e comunidades presentes dentro do estuário (e.g. Vila dos Pescadores, Casqueiro, Ilha Caraguatá, bairros as margens do Rio Cubatão, Jardim Humaitá em São Vicente entre outros). Toda esta malha de acessos está presente nas cartas SAO.

Certamente, em muitos locais não há a possibilidade de acesso terrestre. Nestes casos, é mais indicado acessar estes locais por meio aquático utilizando embarcações leves. Através dos canais é possível chegar a qualquer local no estuário, desde que a maré não esteja baixa, e com maior rapidez. Todas as estruturas náuticas que permitem atracação foram mapeadas e estão presentes nas cartas e no banco de dados.

Com relação a planos de emergência, o Porto de Santos dispõe de um PCE, Plano de Combate a Emergências e um PGR, Plano de Gerenciamento de Riscos, que abrange também a Ilha Barnabé. Coordena também o PAM- PORTO, Plano de Auxílio Mútuo do Porto de Santos. Além disso, conta com equipamentos para emergências, como mantas absorventes, barreiras de contenção, mangotes, skimmers, esteiras recolhedoras, equipamentos de comunicação, proteção

individual e sinalização, veículos terrestres e marítimos, profissionais especializados e um container para armazenamento de equipamentos (CODESP, 2006).

#### *Cartas de sensibilidade ambiental ao óleo do Sistema Estuarino de Santos*

Como as Cartas SAO são utilizadas principalmente como ferramentas no gerenciamento do combate a derramamentos de óleo, as informações devem ser representadas detalhadamente, porém sem que haja excessos que prejudiquem a compreensão das mesmas. Neste trabalho optou-se por duas escalas: 1: 80.000 e 1: 25.000.

A área de estudo foi contemplada ao todo com sete cartas SAO, sendo uma carta SAO tática, em escala 1: 80.000, e seis cartas SAO operacionais, em escala 1: 25.000. A carta tática apresenta uma visão de toda a área de estudo e um menor detalhamento das informações. Priorizou-se a sensibilidade dos ambientes e feições, principais aspectos socioeconômicos e biológicos (Fig. 3). Para as cartas operacionais levou-se em consideração as características dos ambientes visto que a área apresenta extensos segmentos de manguezais. A escala 1: 25.000 mostrou-se adequada para a representação de todas as informações importantes sem que houvesse perda de noção espacial.

#### *Novas representações para as cartas SAO*

Informações pontuais relevantes levantadas ao longo deste mapeamento não possuem representação espacial adequada, portanto foi sugerida a criação de ícones novos para serem adotados nas cartas SAO.

As casas de palafitas, moradias construídas em áreas alagadas, geralmente de baixo padrão feitas de madeira e sem saneamento básico, constituem um cenário freqüente no estuário de Cubatão, Santos e São Vicente. São comunidades de baixo poder aquisitivo, que obtém parte de sua subsistência pescando e coletando siris e caranguejos dos manguezais. Essas áreas devem ser protegidas para evitar prejuízos e agravar a situação econômica dos moradores destas regiões. Portanto, é muito importante em uma situação de emergência saber exatamente onde essas comunidades estão localizadas. Devido a isto, foi elaborado e adotado nas cartas SAO um novo ícone que representa essas moradias.

Outros aspectos importantes que poderiam ser representados nas cartas SAO como ícones são os bancos de *Spartina* sp., que podem ser consideradas áreas de expansão dos manguezais e conseqüentemente muito sensíveis, e os costões rochosos pontuais e isolados, que neste trabalho foi representado como pontos da cor do ISL correspondente.

#### *Áreas de proteção prioritária*

A identificação de áreas prioritárias de proteção é um instrumento de suporte à tomada de decisão em situações de emergência, pois fornece subsídios ao planejamento das ações na medida em que aponta os locais em que devem ser concentrados os maiores esforços, o que inclui mobilização de recursos humanos e equipamentos. Deve-se ressaltar que a definição de uma área prioritária de proteção deve ser necessariamente feita em concordância com os órgãos ambientais. Portanto, as áreas indicadas neste trabalho funcionam como sugestão aos gestores de emergências.

Para a definição destas áreas foram levados em consideração os seguintes critérios: a sensibilidade do ambiente; áreas de alimentação e reprodução de aves; a possibilidade de intervenção (limpeza, remediação, mitigação) em caso de acidente; condições de acessibilidade e usos socioeconômicos.

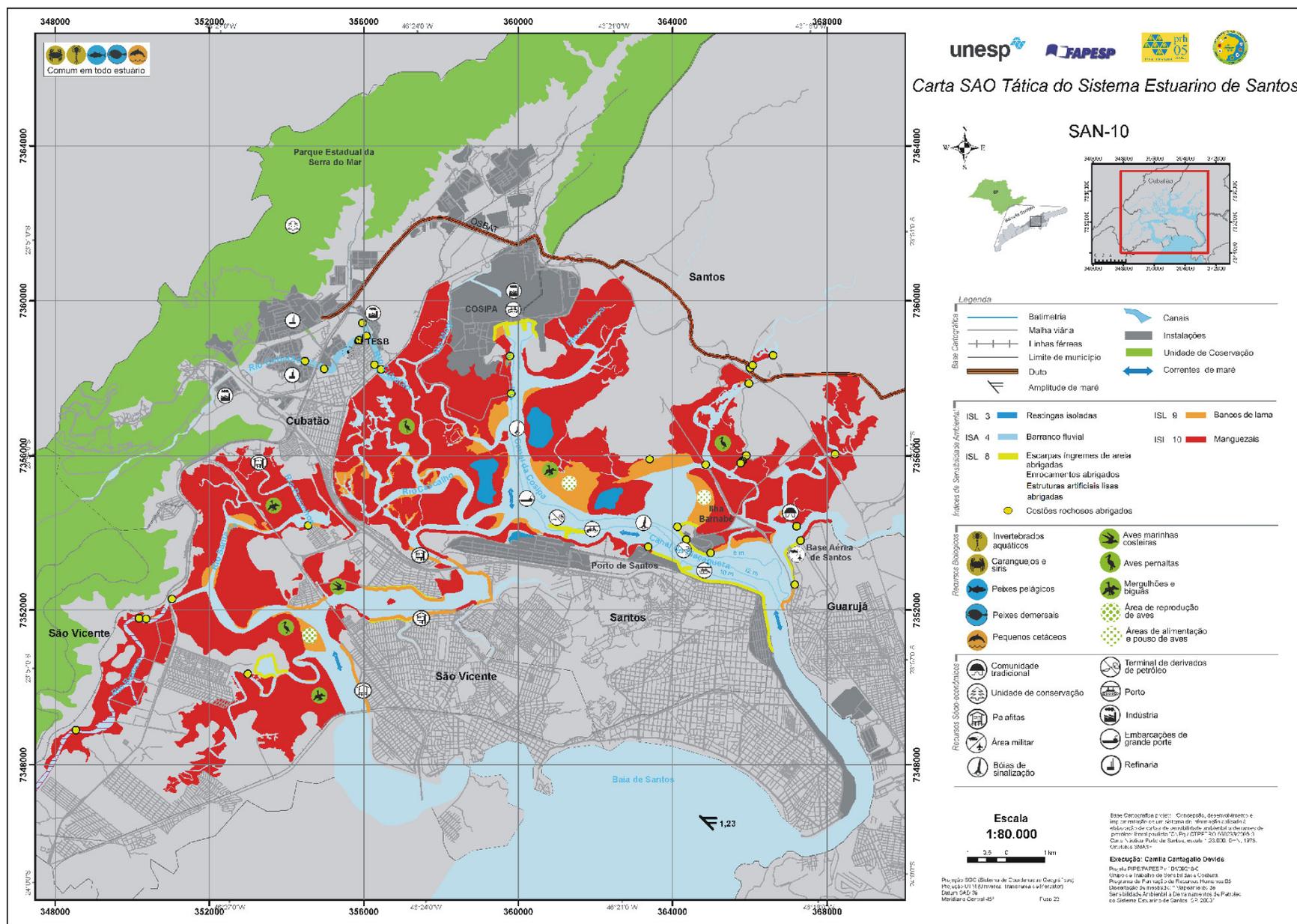
No caso específico do Sistema Estuarino de Santos, todo o estuário pode ser considerado uma área prioritária de proteção, pois apresenta os mais altos Índices de Sensibilidade (ISL 9 e 10); os ambientes predominantes são os manguezais e bancos de lama que apresentam alta biodiversidade e complexidade trófica; a possibilidade de intervenção é baixíssima já que qualquer procedimento de limpeza pode causar danos adicionais relevantes; e, o estuário proporciona diversos e importantes usos socioeconômicos para as comunidades locais como pesca, maricultura, turismo e lazer.

Portanto, devem ser protegidos prioritariamente todos os manguezais e bancos de lama, as comunidades que se utilizam da pesca, como a Vila dos Pescadores e Vila Diana e também os bairros constituídos de casas de palafitas que estão em contato direto com as águas do estuário.

#### *Zonas de sacrifício*

No contexto de um vazamento de óleo, levando-se em consideração a possibilidade real de contaminação do litoral e a necessidade de se proteger as áreas prioritárias, muitas vezes é necessário conduzir o óleo para algum local. Estes locais são chamados de “zonas de sacrifício”. As zonas de sacrifício são instrumentos efetivos de tomada de decisão e, da mesma forma que as áreas prioritárias de proteção, devem ser decididas pelos órgãos ambientais competentes e levando em conta as condições do evento.

As zonas de sacrifício devem ser áreas que apresentem baixa sensibilidade ambiental, facilidade de acesso, condições favoráveis para as ações de combate (contenção, remoção e limpeza), e, principalmente, áreas em que as conseqüências



43 Figura 3 - Carta SAO tática do Sistema Estuarino de Santos, Estado de São Paulo.

socioeconômicas sejam reduzidas, controláveis e passíveis de mitigação.

Desta forma sugere-se no caso de vazamento de óleo, quando houver possibilidade, cercar a mancha de óleo, direcioná-la a uma isóbata mais profunda e proceder o recolhimento do óleo através de bombas e “skimmers”. Quando estas medidas não forem possíveis de serem realizadas propõe-se, como zona de sacrifício, as estruturas artificiais lisas de ISL 1, já que estas áreas contemplam os requisitos citados anteriormente.

Como estas estruturas artificiais localizam-se na parte centro-leste do estuário, caso ocorra um vazamento na parte oeste sugere-se como zona de sacrifício as margens da lagoa situada no Rio Marina. Esta lagoa, apesar de ser classificada com ISL 8 e ser uma área de lazer para a população é o ambiente menos sensível da região, visto que toda a área ao redor é formada por manguezais e bancos de lama (ISL 10 e 9). Além disso, as margens da lagoa assemelham-se a uma praia arenosa abrigada e apresentam condições favoráveis para as ações de combate como o fácil acesso para veículos, máquinas e pessoas, a possibilidade de remoção e limpeza do óleo e locais para a disposição de resíduos.

No caso de um vazamento de óleo a montante do Rio Cubatão, o óleo vazado pode chegar a atingir os manguezais. Há a presença de uma comporta que pode ser fechada bloqueando a passagem do óleo. No entanto, se mesmo assim, por algum motivo, o óleo ultrapassar a comporta sugere-se como zona de sacrifício os barrancos do Rio Cubatão. Estes barrancos apresentam baixa sensibilidade (ISL 4) e condições favoráveis as operações de combate a emergência.

As áreas prioritárias de proteção e as zonas de sacrifício podem ser visualizadas na Figura 4.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através a avaliação da sensibilidade do Sistema Estuarino de Santos foi possível concluir que a região é altamente sensível a derramamentos de óleo. Além disso, a área mostrou-se extremamente complexa, pois há um mosaico de ambientes sensíveis, alta biodiversidade, comunidades dependentes da extração de recursos, presença de fontes potenciais de poluição de grande magnitude e diversos problemas sociais.

Foi constatado que algumas feições presentes na área de estudo, como os costões rochosos abrigados e algumas feições fluviais presente entre os manguezais, não estão contemplados dentro dos Índices de Sensibilidade do Litoral propostos pela metodologia do Ministério do Meio Ambiente. Sugere-se, então, que estes ambientes sejam incorporados na metodologia existente para Cartas SAO. Também foi

sugerida a criação de novos ícones que representem as casas de palafitas, os bancos de *Spartina* sp. e os costões rochosos que ocorrem pontualmente.

As zonas de sacrifício são escassas, pois a maior parte da área de estudo é de alta sensibilidade, abrigada da ação das ondas, possuem sedimento lamoso e baixa declividade o que dificulta a limpeza natural e aumenta a persistência do óleo no ambiente. Apesar disto, foram sugeridas algumas zonas de sacrifício tendo em vista a alta suscetibilidade do estuário a vazamentos de óleo e seu relevante histórico de acidentes.

O mapeamento detalhado em campo, associado a um banco de dados geográfico, permitiu que fossem produzidas Cartas com alto nível de detalhe e riqueza de informações. Essas cartas estão consolidadas em um Atlas que poderá servir de ferramenta nas ações de combate a vazamentos de óleo, na elaboração de planos de emergência e no planejamento ambiental com o intuito de minimizar os impactos causados por derrames de óleo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos recursos disponibilizados pela FAPESP através do projeto PIPE (04/09218-0) e o apoio do Programa de Formação de Recursos Humanos ANP/MCT/PRH-05 e do Grupo de Trabalho de Sensibilidade Costeira a Vazamentos de Petróleo UNESP/ Rio Claro.

## REFERÊNCIAS

- Awazu, L.A. & Poffo, I.R.F. 1986. Mapeamento de áreas a serem protegidas quando da ocorrência de derrames de petróleo e derivados no Litoral Norte de São Paulo. CETESB, São Paulo, 40p. + anexo.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Brasília, 40p.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 2004. Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo.
- Burns, K.A.; Stephen, D.G. & Sally, C.L. 1993. How many years until mangrove ecosystems recover from catastrophic oil spills? Marine Pollution Bulletin. 26: 239-348.
- Cantagallo, C.; Milanelli, J. C. C. & Dias-Brito, D. 2007. Limpeza de Ambientes Costeiros Brasileiros Contaminados por Petróleo: uma revisão. Pan-American Journal of Aquatic Sciences. 2:1-12.
- Carvalho, M. 2003. Mapeamento da sensibilidade ao impacto por óleo de um segmento da costa entre

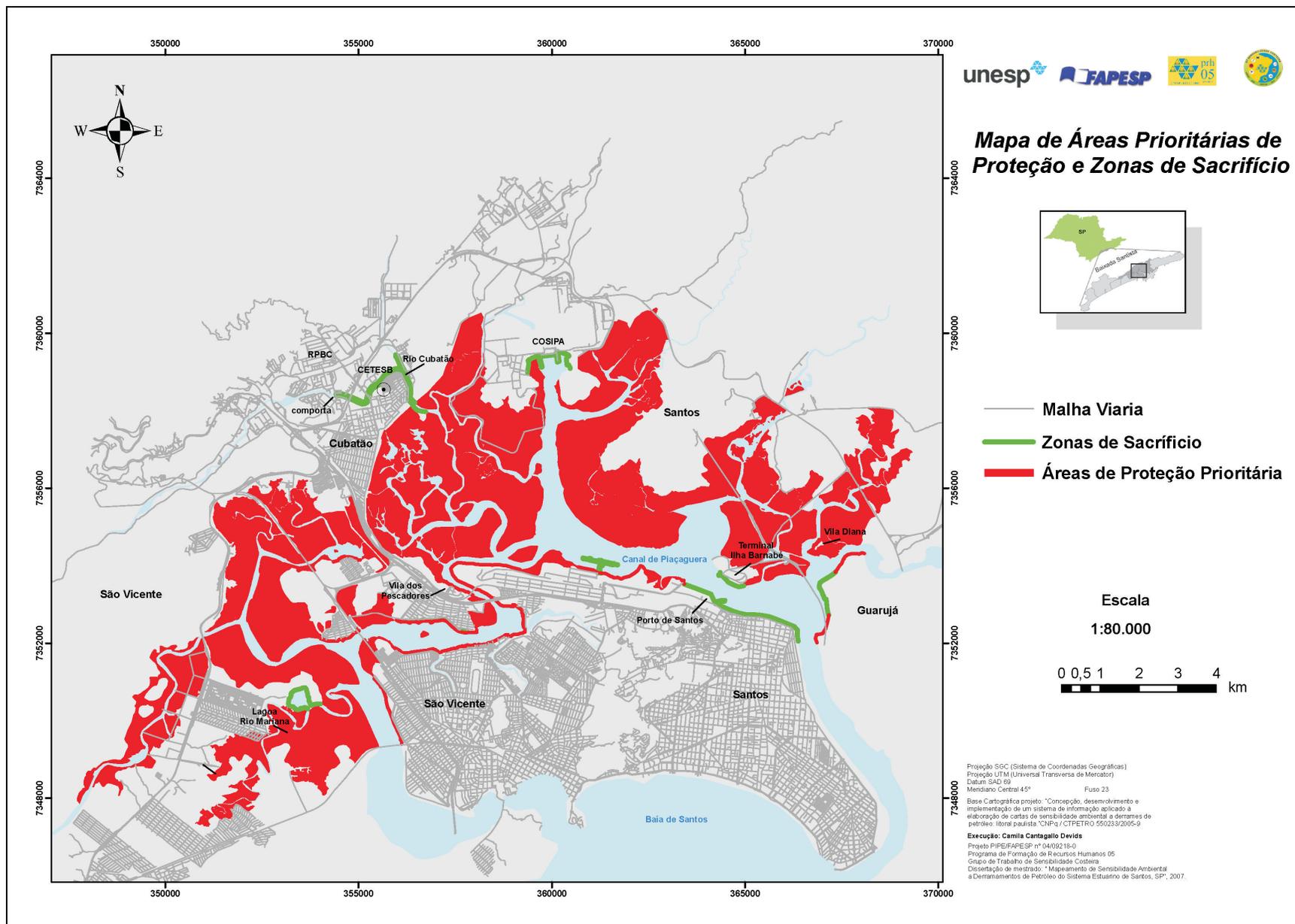


Figura 4 - Mapa de Áreas Prioritárias de Proteção e Zonas de Sacrifício para o Sistema Estuarino de Santos, Estado de São Paulo.

- os estados do Rio Grande do Norte e Ceará utilizando imagens ETM+/Landsat 7 e geoprocessamento.. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. 253 p
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. 2002. Derrames de Óleo no Mar e os Ecossistemas Costeiros. Apostila de Curso, São Paulo, 259 pp.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. Cadastro de Acidentes Ambientais da CETESB. 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 2007.
- Companhia de Docas do Estado de São Paulo – CODESP. Apresenta informações diversas a respeito do porto de Santos. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br>> Acesso em: 14 jun. 2007.
- Dias-Brito, D. & Zaninetti, L. 1979. Étude géobotanique comparative de trois mangroves du littoral brésilien: Acupe (Bahia), Guaratiba (RJ), et Iguape (São Paulo). Notes du Laboratoire de Paleontologia de L'Université de Genève. 4: 57-65.
- Fulfaro, V.J. & Ponçano, W.L. 1976. Sedimentação atual do estuário e baía de Santos: um modelo geológico aplicado a projetos de expansão da zona portuária. Anais I Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. 2: p. 67-90.
- Gundlach, E.R. & Hayes, M.O. 1978. Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. Journal of Marine Technology Society. 12:18-27.
- Gutberlet, J. 1996. Cubatão: desenvolvimento, exclusão social e degradação ambiental. São Paulo: Ed. Edusp, 248 pp.
- Hanna, R.G.M. 1995. An approach to evaluate the application of vulnerability index for oil spills in tropical Red Sea environments. Spill Science & Technology Bulletin. 2:181-186.
- Harari, J.; Camargo, R. & Cacciari, P.L. 1999. Implantação de um sistema de previsão de marés e de correntes de maré na Baixada Santista através de modelo numérico tridimensional. Relatório Técnico do Instituto Oceanográfico. 45:1-21.
- International Tanker Owners Pollution Federation - ITOPF. 2006. Apresenta informações, publicações, conselhos e assistência técnica com relação a respostas a poluição por vazamentos de óleo. Disponível em: <<http://www.itopf.com>>. Acesso em 2007.
- Jensen, J.R.; Narumalani, S.; Weatherbee, O.; Murday, M.; Sexton, W.J. & Green, C.J. 1993. Coastal environmental sensitivity mapping for oil spills in the United Arab Emirates using remote sensing and GIS technology. Geocarto International. 2: 5-13.
- Jensen, J.R.; Halls, J.N. & Michel, J. A 1998. Systems Approach to Environmental Sensitivity Index (ESI) Mapping for Oil Spill Contingency Planning and Response. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 64:1003-1014.
- Lorejan, S.F.; Raimundo, S. (Org.) *et al.* 1998. Planos de Manejo das Unidades de Conservação: Parque estadual da Serra do Mar - Núcleo Cubatão. São Paulo: SMA.
- MHN – Coleção de anfíbios do museu de historia natural “Prof. Dr. Adão José Cardoso”; DZSJRP – Coleção do departamento de zoologia de São José do Rio Preto, Unesp; CFBH – Coleção “Célio F.B. Hadadd”, Unesp. In: SPECIES LINK. Sistema distribuído de informação de coleções científicas. Disponível em: <<http://splink.cria.org.br>> Acesso em 2007.
- Milanelli, J.C.C. 2003. Biomonitoramento de Costões Rochosos: Instrumento para Avaliação de Impactos gerados por vazamentos de Óleo na Região do Canal de São Sebastião. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 293p.
- Moe, K.A.; Skeie, G.M.; Brude O.W.; Loyas, S.M.; Nedrebo, M. & Weslawiski, J.M. 2000. The Svalbard intertidal zone: a concept for the use of GIS in applied oil sensitivity, vulnerability and impact analyses. Spill Science & Technology Bulletin. 6:187-206.
- Nansingh, P. & Jurawan, S. Environmental sensitivity of a tropical coastline (Trinidad, West Indies) to oil spills. 1999. Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 5, N.2, pp.161-172.
- Olmos, F. & Silva, R.S. Guará: ambiente, flora e fauna dos manguezais de Santos-Cubatão. São Paulo: Empresa das Artes. 2003.
- Santos, E.O. 1965. Características climáticas. In: A baixada santista, aspectos geográficos. Ed. USP, São Paulo, p. 95-150.
- Santanna-Neto, J.L. 1990. Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 156 p.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1990. Vulnerabilidade do litoral norte do Estado de São Paulo a vazamentos de petróleo e derivados. In: Anais II Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileiras: síntese de conhecimentos, São Paulo, p.375-399.
- Severino-Rodrigues, E; Pita J.B. & Graça-Lopes, R. 2001. Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. Boletim do Instituto de Pesca. 27: 7 – 19.
- Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SMA. 2000. Ortofotos Digitais. Projeto de Preservação da Mata Atlântica. São Paulo.

- Silva, O.R. & Figueiredo, P.J.M. 2002. Considerações ambientais para o desenvolvimento sustentável da atividade portuária: uma análise da interface porto-estuário. *Revista de Ciência e Tecnologia*. 11: 99-104.
- Tessler, M. G. Diagnostico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil. 1994. São Paulo : Fundespa/lousp/Petrobras. 2: 347 p.
- Thompson, G.B. & Mcenally, J.M. 1984. Coastal Resource Atlas for Oil Spills in Trial Bay. Australian State Pollution Control Comission.
- Wieczorek, A; Dias-Brito, D. & Milanelli, J.C.C. 2007. Mapping oil spill environmental sensitivity in Cardoso Island State Park and surroundings areas, São Paulo, Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 50: 872-886.

Received: July 27, 2008  
Accepted: December 09, 2008