

# MAPEAMENTO DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL A DERRAMES DE ÓLEO EM ILHABELA, SÃO PAULO

*Environmental sensitivity mapping for oil spills in Ilhabela, São Paulo*

**Miguel Vieira de Lima<sup>1</sup>**  
**Dimas Dias-Brito<sup>1</sup>**  
**João Carlos Carvalho Milanelli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UNESP (Universidade Estadual Paulista)

Laboratório de Pesquisas Micropaleontológicas, microbióticas e de Ambientes (LAMBDA), Departamento de Geologia Aplicada - UNESP - Rio Claro – SP

Avenida 24 A, 1515 – CEP: 13506-900, Rio Claro – SP, e-mail: migdelima@gmail.com, dimasdb@rc.unesp.br

<sup>2</sup>CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo)

Agência Ambiental de Ubatuba – SP

Rua Cunhambebe, 521 – CEP: 11680-000, Ubatuba – SP, e-mail: jmilanelli@uol.com.br

## RESUMO

A faixa litorânea da Ilha de São Sebastião (Ilhabela) que bordeja o Canal de São Sebastião - onde está estabelecido o maior terminal petrolífero do Brasil e ocorre intensa movimentação de petroleiros – constitui o segmento mais impactado por episódios de vazamento de petróleo do litoral norte do Estado de São Paulo. Neste estudo, o segmento centro-oeste deste litoral, com relevância ecológica e significativa importância sócio-econômica, foi mapeado quanto à sua sensibilidade ao óleo na escala 1:10.000. Estudos de campo e laboratório, somados às informações da literatura, permitiram a definição do índice de sensibilidade litorânea para os diferentes padrões da zona entre-marés, que incluem praias arenosas, costas rochosas e manguezal. O histórico de acidentes envolvendo vazamentos de óleo nos últimos 30 anos indica as praias arenosas do norte da parte ocidental da ilha como sendo o segmento mais suscetível a eventos de poluição por óleo. Os resultados obtidos neste trabalho, que também apresenta considerações sobre todo o litoral do arquipélago de Ilhabela, são úteis para planos de contingência e emergência, bem como para o gerenciamento costeiro.

**Palavras-chave:** cartas SAO, litoral norte de São Paulo, petróleo, meio ambiente.

## ABSTRACT

The São Sebastião Island's littoral band (Ilhabela), which borders the São Sebastião Channel – where is installed the bigger oil terminal with the most intense traffic of oil tankers in Brazil –, constitutes the most oil spilled segment at the São Paulo State northern coast. In the present work, the middle-west segment of this littoral, that displays ecological relevance and significant socio-economical importance, was mapped on scale of 1:10.000 considering its sensitivity to oil spills. Field and laboratory studies, complemented by information from literature, permitted the definition of the environmental sensitivity index (ESI) for different intertidal zone patterns, including sandy and rocky coasts and mangroves. The record of accidents (last 30 years) evidences the northern sandy beaches from the western island's face as the most susceptible environments to oil spills in the area. Results obtained in this work, that also presents considerations about the whole Ilhabela's littoral, are useful for contingency and emergency plans, as well as for coastal management.

**Keywords:** oil spill sensitivity map, northern coast of São Paulo State, petroleum, environment.

## 1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do setor petrolífero constitui uma enorme e complexa rede, envolvendo atividades de exploração e produção (E&P), o transporte, refino e a comercialização de seus derivados. A movimentação petrolífera exerce significativa pressão sobre os ambientes costeiros, já que o lançamento de óleo constitui-se em uma das principais fontes de poluição marinha.

O derramamento de óleo no mar pode decorrer, por exemplo, de acidentes envolvendo navios petroleiros (colisões, naufrágio e encalhes). Não somente os petroleiros oferecem risco de acidentes com vazamento de óleo, mas qualquer navio ou embarcação, já que todos utilizam óleo combustível como fonte de propulsão. Falhas operacionais, durante atividades rotineiras de transferência de óleo nos portos e terminais, são também responsáveis por um grande número de acidentes que podem resultar em severos efeitos deletérios para a zona costeira. Há, ainda, casos relacionados a acidentes envolvendo diretamente as plataformas marítimas (poços de produção). A circulação e o comércio de derivados de petróleo ocorrem em toda a faixa da costa brasileira. O Brasil conta com 34 portos marítimos, estando 13 deles associados diretamente às regiões metropolitanas (SANTOS; CÂMARA, 2002). O país possui 23 terminais aquaviários distribuídos nas regiões brasileiras e operados pelo sistema Petrobrás-Transpetro, destinando-se à armazenagem e distribuição de petróleo e derivados.

Por ser a zona costeira suscetível a acidentes envolvendo vazamentos de óleo, foi desenvolvida pela Petrobras (ARAÚJO; SILVA E MUEHE, 2002) a metodologia de mapeamento litorâneo, que explicita os diferentes níveis de sensibilidade da zona intermaré a derramamentos de óleo. Posteriormente esta metodologia foi adaptada pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2004). As cartas de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo (cartas SAO) são usadas em operações de emergência relacionadas a acidentes envolvendo vazamento de petróleo e derivados.

As cartas SAO representam, sobretudo, a classificação dos ambientes de acordo com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL). O ISL classifica os ambientes em uma escala de 1 a 10, partindo dos ambientes menos sensíveis aos de maior sensibilidade (GUNDLACH; HAYES, 1978; MICHEL; DAHLIN, 1993; ARAÚJO; SILVA, 2002; BRASIL, 2004). A atribuição do grau de sensibilidade leva em consideração parâmetros físicos dos ambientes como tipo de substrato, declividade da zona entremarés e exposição ao hidrodinamismo. Tais parâmetros irão influenciar diretamente os seguintes aspectos: comportamento do óleo no meio, tempo de permanência do óleo no ambiente e facilidade ou dificuldades no processo de recuperação e/ou limpeza.

Tais aspectos determinarão, em última análise, a

sensibilidade intrínseca do ambiente ao óleo.

As cartas SAO representam, ainda, a presença de recursos biológicos sensíveis ao óleo, aspectos sócio-econômicos relevantes e informações úteis às operações de emergência. No Brasil, a metodologia para elaboração das Cartas SAO é orientada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio do documento oficial “Especificações e Normas técnicas para a elaboração de Cartas de Sensibilidade ambiental” (BRASIL, 2004).

A elaboração das Cartas SAO para a costa brasileira está entre as atribuições do Plano Nacional de Contingência a Derramamentos de Óleo. Cabe ao MMA a elaboração e organização deste plano, cujo objetivo é a integração dos planos locais e regionais de contingência, em um plano de escala nacional.

O município de São Sebastião, que ocupa a margem continental do Canal de São Sebastião, lado oposto ao da Ilha de São Sebastião (Ilhabela), no litoral norte de São Paulo, notabiliza-se pela presença do Porto de São Sebastião e as atividades relacionadas à transferência e armazenagem de petróleo e derivados junto ao Terminal Almirante Barroso – TEBAR.

O TEBAR, de propriedade da Petrobrás S/A, é o mais importante terminal de armazenagem e distribuição de petróleo e derivados do Brasil, o que significa uma intensa movimentação de navios petroleiros no Canal de São Sebastião, com média de 60 navios por mês. A capacidade de armazenamento em seus 43 tanques é a maior entre os terminais brasileiros. Cerca de 80% do petróleo movimentado no terminal provêm da Bacia de Campos e os 20% restantes são importados da África e Golfo Pérsico, com uma movimentação diária de 600 mil barris (ANP, 2006).

A intensidade da movimentação petrolífera no Canal de São Sebastião explica o fato do litoral norte de São Paulo ser uma região com vasto histórico de vazamentos de óleo. Os acidentes envolvendo diretamente o transporte marítimo (navios) atingiram a marca de 338 casos no período de 1978 a 2007. O Arquipélago de Ilhabela (Figura 1) é o município que mais vezes foi atingido por vazamentos de óleo ocorridos no canal (CETESB, 2007; POFFO, 2000).

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o mapeamento da sensibilidade ambiental óleo da face centro-oeste do litoral da Ilha de São Sebastião, utilizando metodologia estabelecida em Brasil (2004). Define, ainda, os ISLs para todo o litoral do Arquipélago de Ilhabela e discute o histórico dos vazamentos de óleo que atingiram a face ocidental da ilha, como um instrumento de apoio à gestão de emergência.

### 1.1 Área de estudo

O litoral norte do Estado de São Paulo inclui

os municípios de São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba. O Arquipélago de Ilhabela (Figura 1) é formado por um conjunto de 12 ilhas, dois ilhotes e duas lajes, sendo que 83% de seu território constituem o Parque Estadual de Ilhabela (PEIb). Além da Ilha de São Sebastião, destacam-se as ilhas de Vitória e Búzios. A Ilha de São Sebastião, separada pelo continente pelo Canal de São Sebastião, caracteriza-se por ser a maior ilha do litoral sudeste brasileiro (POLLETE, 1993), possuindo uma área de aproximadamente 337km<sup>2</sup>.

O Canal de São Sebastião possui uma extensão de aproximadamente 22 km. Na porção central do canal, o continente e a ilha são separados por uma distância próxima a 2 km, sendo este o trecho mais estreito. Nas extremidades o canal apresenta uma largura em torno de 7 km ao sul e 5,5 km ao norte.

O regime de marés na região é do padrão semi-diurno, com duas preamares e baixamars em um período de 24 horas. A variação da maré nesta região é inferior a 2 metros (micromarés).

A circulação das correntes superficiais no canal tem direção SW – NE, com fluxo maior de águas penetrando ao sul do canal no sentido NE (FURTADO, 1978). O fluxo predominante para NE está diretamente associado a ventos de sul (VALENTE, 1999). É possível caracterizar a circulação superficial que envolve todo o Arquipélago de Ilhabela por meio de estudos que tratam de padrões gerais das correntes predominantes na Plataforma Continental Sudeste Brasileiro (PCSE) e Plataforma Continental do Estado de São Paulo. A partir da faixa costeira até a isóbata de 100m, as correntes apresentam sentido preferencial NE. Para além da isóbata 100m o fluxo predominante torna-se SW, influenciado diretamente pela Corrente do

Brasil (FURTADO, 1978).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Trabalho de campo

Duas campanhas de campo foram realizadas, em março (verão) e setembro (inverno) de 2006. Além do recolhimento de informações sócio-econômicas (e.g. atividades comerciais, pesqueiras, náuticas, meio de hospedagem) e bióticas (e.g. avistamento de elementos da fauna, áreas ecologicamente relevantes como áreas de pouso, alimentação e reprodução de aves costeiras) - que complementaram o levantamento prévio de dados - a atividade de campo concentrou-se nas seguintes etapas:

- definição das condições de acesso terrestre e marítimo (veículos destinados às operações de emergência);
- coleta de material arenoso nas praias (ponto médio da zona intermaré): uma amostra por praia, totalizando 41 amostras, visando análise granulométrica em laboratório;
- levantamento do grau de declividade das praias por meio do uso de declivímetro (CETESB, 1998; WIECZOREK, 2007), tendo-se como referência um perfil por praia, realizado nos mesmos pontos onde foram coletadas as amostras;
- estudo dos segmentos de litoral rochoso (costões amplos, litoral de blocos e matacões, litoral de seixos) por estimativa visual quanto à declividade (alta: 90 - 60°; média: 60 - 30°; e baixa: menor que 30°) e heterogeneidade (alta, média e baixa, de acordo com a quantidade de fendas, fraturas, poças de marés e “tocas” existentes no segmento).

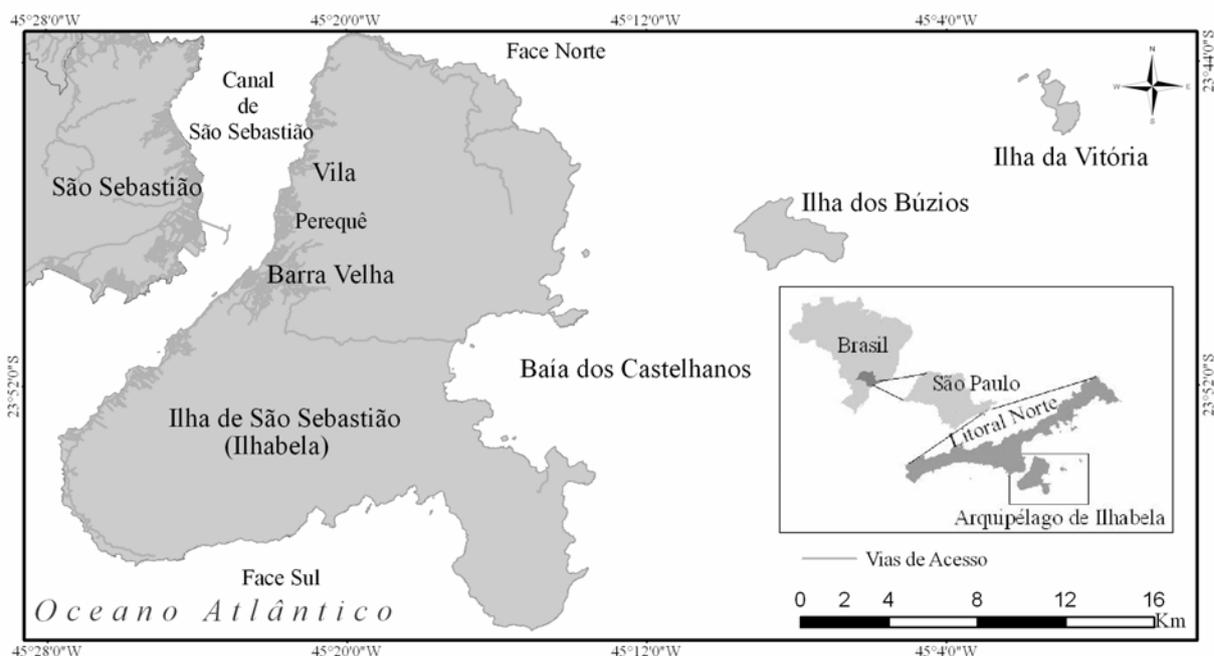


Fig. 1: Mapa de localização da área de estudo.

- registro e observação de segmentos pantanosos cobertos por vegetação de mangue;
- registro de estruturas artificiais e suas características quanto à morfologia e declividade;
- definição do grau de exposição do litoral ao hidrodinamismo do meio (segmentos litorâneos expostos ou abrigados), utilizando-se, ao lado das observações de campo, dados de literatura e dados cartográficos.

## 2.2. Laboratório

Em laboratório procedeu-se a análise granulométrica dos sedimentos coletados nas praias, visando a definição de seus ISL. As mostras foram peneiradas a seco, utilizando-se a escala de Wentworth (1922). Para cada amostra foram pesados os sedimentos retidos nas diferentes malhas. A partir dos valores de peso para cada intervalo granulométrico foram gerados parâmetros estatísticos segundo Folk e Ward (1957), utilizando-se, para tal, o aplicativo estatístico *Sisgran 3.0*. A obtenção do diâmetro médio dos grãos ( $\Phi$ ) de cada amostra permitiu a definição do ISL para as diferentes praias arenosas.

## 2.3. Elaboração das cartas SAO

A base cartográfica utilizada para a elaboração das cartas SAO foi disponibilizada pelo Projeto de Pesquisa “Concepção Desenvolvimento e Implementação de um Sistema Informação Aplicado à Elaboração a Cartas SAO: Litoral Paulista.” CTPetro/MCT/CNPq, 16/2005, vinculado ao GT – Sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo – PRH05 – UNESP- Rio Claro. Foram ainda utilizadas fotografias aéreas digitais retificadas fornecidas pelo Instituto Florestal para a extração de temas geográficos tais como linha de costa, ambientes litorâneos, acessos e canais fluviais. A extração destes temas deu-se por meio da aplicação de critérios fotointerpretativos, sobretudo tonalidade e textura.

Em todo o processo de elaboração das cartas SAO foi utilizado o aplicativo de SIG *ArcGis 9.1*. A base cartográfica foi organizada no Sistema de Coordenadas Geográficas, utilizando-se o *Datum South American 1969 (SAD69)*. A projeção cartográfica definida para o Sistema de Banco de Dados Geográfico foi a Universal Transversa de Mercator (UTM), sendo a área de estudo pertencente ao fuso 23.

O Banco de Dados Geográficos foi elaborado por meio da utilização do *ArcCatalog*, aplicativo do *ArcGis*, responsável pelo armazenamento e gerenciamento de dados espaciais e não espaciais. Através do *ArcCatalog* foi criado o *Geodatabase* para a área de estudo, onde as tabelas foram organizadas em modo *Access*, disponível para *Windows*. O relacionamento entre as tabelas organizadas no banco de dados é possível através do código de segmento. O

segmento constitui a unidade espacial básica das cartas SAO e corresponde a um determinado trecho de litoral, delimitado em função das características que apresenta e sua classificação quanto ao ISL. Todos os objetos geográficos presentes no banco de dados relacionam-se a um determinado segmento por meio do código, que atua como identificador, permitindo assim a realização de consultas e análises espaciais.

A partir organização da base cartográfica e das tabelas no Banco de Dados Geográficos foram geradas as representações específicas das cartas SAO. Os ambientes foram representados espacialmente como linhas ou polígonos. Ambientes como praias arenosas e litorais rochosos foram representados como linhas, enquanto ambientes com uma faixa entremarés mais extensa, como manguezais e planícies lamosas, foram representados como polígonos. De acordo com suas características, a cada ambiente foi atribuído um valor de ISL; estes valores são representados nas cartas SAO a partir de uma escala de cores pré-definida, estabelecida em Brasil (2004).

A representação cartográfica dos recursos biológicos foi feita por ícones específicos no âmbito dos grupos principais, que são diferenciados também por meio de cores, associados ao ponto geográfico (localização) onde o mesmo é observado durante trabalho de campo ou por meio de registros bibliográficos. A representação de áreas onde ocorre reprodução e/ou alimentação deu-se por polígonos preenchidos com a cor do grupo representado.

Os locais em que se desenvolvem as atividades sócio-econômicas foram registrados e georreferenciados. Tais atividades foram descritas e lançadas no Banco de Dados Geográfico elaborado para a área de estudo. Os aspectos sócio-econômicos também foram representados por ícones padronizados de acordo com as cartas SAO (BRASIL, 2004). Cada ícone representa a localização da ocorrência da atividade levantada em campo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em todo Arquipélago, apenas na Ilha de São Sebastião há a presença de praias arenosas. Ao todo foram mapeados 15,03 quilômetros referentes a quarenta e uma praias arenosas (LIMA, 2007). Na face ocidental da Ilha de São Sebastião, voltada ao canal, as praias foram consideradas abrigadas à ação hidrodinâmica, já que a própria presença da ilha atua como uma “barreira” à ação das ondas e correntes vindas do oceano. O padrão de sedimentos se manteve tanto no verão quanto no inverno, com predominância de areia grossa nas praias do centro do canal e areias médias e finas nas praias localizadas tanto a sul quanto a norte.

Na face externa da Ilha de São Sebastião (voltada para o mar aberto), a maioria das praias foi considerada exposta ao hidrodinamismo. Apresentaram

uma maior presença de areias grossas no período de inverno, demonstrando ser este um período de maior ação hidrodinâmica.

Apenas a Praia do Gato, localizada na Baía dos Castelhanos, apresentou alteração de ISL entre os dois períodos, passando de ISL 4 no verão para ISL 5 no inverno. Na maioria dos casos as demais praias foram classificadas como ISL 4 em ambos os períodos.

Litorais rochosos constituem o tipo litorâneo mais freqüente em todo o Arquipélago de Ilhabela, apresentando 188,8 quilômetros de extensão. Do total, 118,9 km foram classificados como sendo de blocos e matacões, 67,6 km de costões rochosos amplos (lisos e heterogêneos) e 2,2 km de seixos. O litoral de blocos e matacões é altamente heterogêneo, com tendência a apresentar grande presença de refúgios, o que constitui uma maior dificuldade à remoção do óleo. Quando abrigado foi classificado como ISL 8; quando exposto

como ISL 6.

Litorais formados por seixos também são ambientes bastante sensíveis, onde o arranjo e forma mais arredondada de seus elementos favorecem o desenvolvimento de microhabitats, além de dificultar bastante o processo de remoção do óleo. Este tipo de litoral geralmente encontra-se associado a cachoeiras e saídas de rio, tendo sido classificados como ISL 6.

Costões amplos heterogêneos, presentes em 33,3 km do litoral do arquipélago, representam 49% do total de costões amplos existentes no arquipélago e foram classificados como ISL 6 em locais expostos e ISL 8 em locais abrigados. Costões rochosos lisos, foram classificados como ISL 1. A figura 2 apresenta o percentual de litoral ocupado por cada ISL, em que pode ser observada a grande influência dos litorais rochosos na determinação da sensibilidade do arquipélago ao óleo.

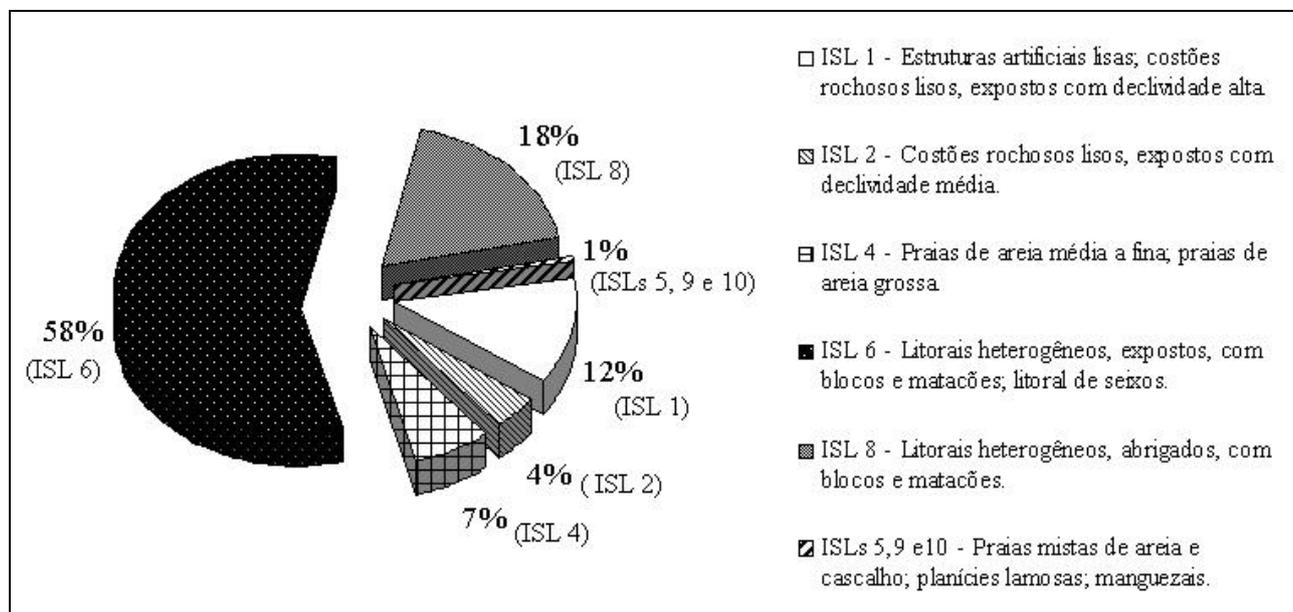


Fig. 2: Distribuição percentual dos ISLs ao longo do litoral de Ilhabela.

Um fragmento de manguezal é encontrado na Barra Velha (litoral centro-oeste da Ilha de São Sebastião), identificado através das características do substrato e com vegetação típica: *Laguncularia racemosa* e *Avicenia schaueriana*. Associado a este ambiente, desenvolve-se, em sua borda, um pequeno banco ocupado por *Spartina* sp. Vegetação que indica processo ativo de sedimentação no local (DIAS-BRITO; ZANINETTI, 1979) e, portanto, de particular sensibilidade. A Barra Velha constitui-se em uma pequena baía abrigada, o substrato é lamoso, com grande presença de matéria orgânica relacionado à foz do rio Perequê, indicando também o baixo hidrodinamismo do local. Tais características favorecem o desenvolvimento de uma rica comunidade bentônica e a utilização do local e entorno como área de alimentação e pouso de aves. Estes aspectos tornam

o local altamente sensível, se consideradas não só suas características físicas, mas também a sua importância ecológica.

Na Baía de Castelhanos também é verificada a presença de ambiente de manguezal; são áreas sob influência direta das variações de marés, associadas à presença de canais. Na praia de Castelhanos há a ocorrência desta formação, onde foi identificada a presença das espécies *Laguncularia racemosa* e *Avicenia schaueriana* e espécies de transição como o “hibisco” de praias (*Hibiscus pernambucences*). Na fauna local são identificadas espécies típicas deste ambiente, com destaque para a presença marcante do guaíamu (*Cardisoma guanhumi*). Ainda na Baía de Castelhanos é encontrada uma pequena formação de mangue na praia Vermelha. Manguezais constituem-se como os ecossistemas mais sensíveis e foram, portanto,

classificados como ISL 10.

Estruturas artificiais também são encontradas no litoral ocidental da Ilha de São Sebastião (Ilhabela), associadas diretamente às formas de ocupação humana; geralmente ocorrem como construções próximas ao litoral ou como forma de proteção à costa, mostrando duas formas distintas: lisas de concreto ou de pedras, classificados como ISL 1, e como enrocamentos de pedras, classificados como ISL 8 em locais abrigados.

### **3.1. Cartas de sensibilidade ambiental da faixa litorânea do Arquipélago de Ilhabela: a face ocidental da Ilha de São Sebastião (Ilhabela)**

Embora um conjunto de 23 cartas SAO operacionais e uma de caráter tática tenham sido elaboradas por Lima (2007), no presente trabalho é apresentada a carta SAO que representa, em detalhe, parte da face ocidental da Ilha de São Sebastião (Figura 3). A adoção da escala 1:10.000 deve-se ao fato da área apresentar uma grande variação de feições ao longo do litoral, constituindo segmentos relativamente curtos mas relevantes do ponto de vista da sensibilidade ao óleo, como planícies, manguezais e litorais rochosos abrigados. Esta área apresenta também uma presença marcante de aspectos sócio-econômicos que podem ser altamente prejudicadas por eventos de derramamentos de óleo. A presença freqüente de estruturas de apoio às operações de emergência, como píers e rampas para embarcações, também exigem um maior nível de detalhamento das cartas.

Outro aspecto importante para o mapeamento de maior detalhe do canal está relacionado ao histórico de acidentes desta região, exigindo uma abordagem mais localizada e maior detalhamento das informações. Para o restante da Ilha de São Sebastião foi adotada a escala de 1:20.000. A escolha desta escala é justificada pela região apresentar segmentos mais extensos e homogêneos, se comparados ao canal, o que é relacionado principalmente à grande predominância de litorais rochosos. As Ilhas Búzios e Vitória foram representadas na escala 1:25.000. Foi ainda elaborada uma carta tática em escala 1:80.000 que contempla toda a área do canal, que permite uma abordagem mais ampla e favorece o planejamento das operações de emergência.

### **3.2. Histórico de vazamentos de óleo que atingiram a face litorânea ocidental da Ilha de São Sebastião (Ilhabela)**

Entre os anos 1978 e 2007, o litoral do Arquipélago de Ilhabela foi atingido 59 vezes por derramamentos de óleo. A maioria dos acidentes deu-se no Canal de São Sebastião. O mapa da Figura 4 mostra o trecho mais atingido por vazamentos. Pode ser observado que os trechos que concentram o maior

número de acidentes posicionam-se a partir da região central para o norte, sendo as praias arenosas setentrionais as mais atingidas. Na parte central, destaca-se o manguezal da Barra Velha, por diversas vezes atingido. No sul destacam-se litorais rochosos e o trecho entre Ilha das Cabras e a praia das Pedras Miúdas, que também registram um grande número de ocorrências.

Este mapa tem como objetivo auxiliar diretamente no planejamento das operações de emergência, na medida em que indica, historicamente, quais os locais mais atingidos por vazamentos de óleo, definindo, portanto, aqueles com maiores tendências de serem atingidos em caso de novos vazamentos. Trata-se de um subsídio aos estudos de suscetibilidade a derramamentos de óleo (SILVA; ARAÚJO, 2004), que são parte dos estudos exigidos nos PEIs, conforme estabelecido na resolução CONAMA 293 (BRASIL, 2001). O mapa insere informações acerca da probabilidade das áreas serem atingidas, a partir da avaliação pretérita de eventos reais; para sua elaboração foram utilizados os dados de vazamento sistematizados por Poffo (2000) entre os anos de 1978 e 1999, juntamente com os casos mais recentes acompanhados pela CETESB (2007).

A principal fonte de vazamentos de óleo no Canal de São Sebastião é representada por navios petroleiros que chegam e saem do TEBAR; tal fator, em conjunção com o direcionamento preferencial das correntes de superfície (SW-NE) das águas do canal, explica a grande incidência de episódios de poluição por óleo nesta região.

## **CONCLUSÕES**

A elaboração das cartas SAO em escalas de detalhe foi a maneira mais adequada de representar a sensibilidade ao óleo do litoral do Arquipélago de Ilhabela, como exemplificado para o trecho centro-oeste do litoral da Ilha de São Sebastião (Ilhabela). Muitos dos ambientes sensíveis, como os manguezais, planícies lamosas, terraços rochosos e praias arenosas, possuem dimensões espaciais pequenas, tornando a sua representação possível apenas em nível de detalhe.

A caracterização dos litorais rochosos quanto à quantidade de refúgios (heterogeneidade) permitiu um maior detalhamento da proposta oficial para classificação de litorais rochosos e sua sensibilidade. Deve ser um parâmetro adotado nos estudos de sensibilidade ao óleo em litorais rochosos, uma vez que há uma correlação efetiva entre biodiversidade e a quantidade de refúgio nas rochas.

O ISL 4, indicado para a maioria das praias arenosas, agrega praias com características bem distintas e que, portanto, reagirão distintamente ao contato com o óleo. É necessário o desenvolvimento de novos estudos que busquem refinar a classificação das praias arenosas, de modo a oferecer melhores subsídios às ações de combate quando de episódios de contaminação por óleo.

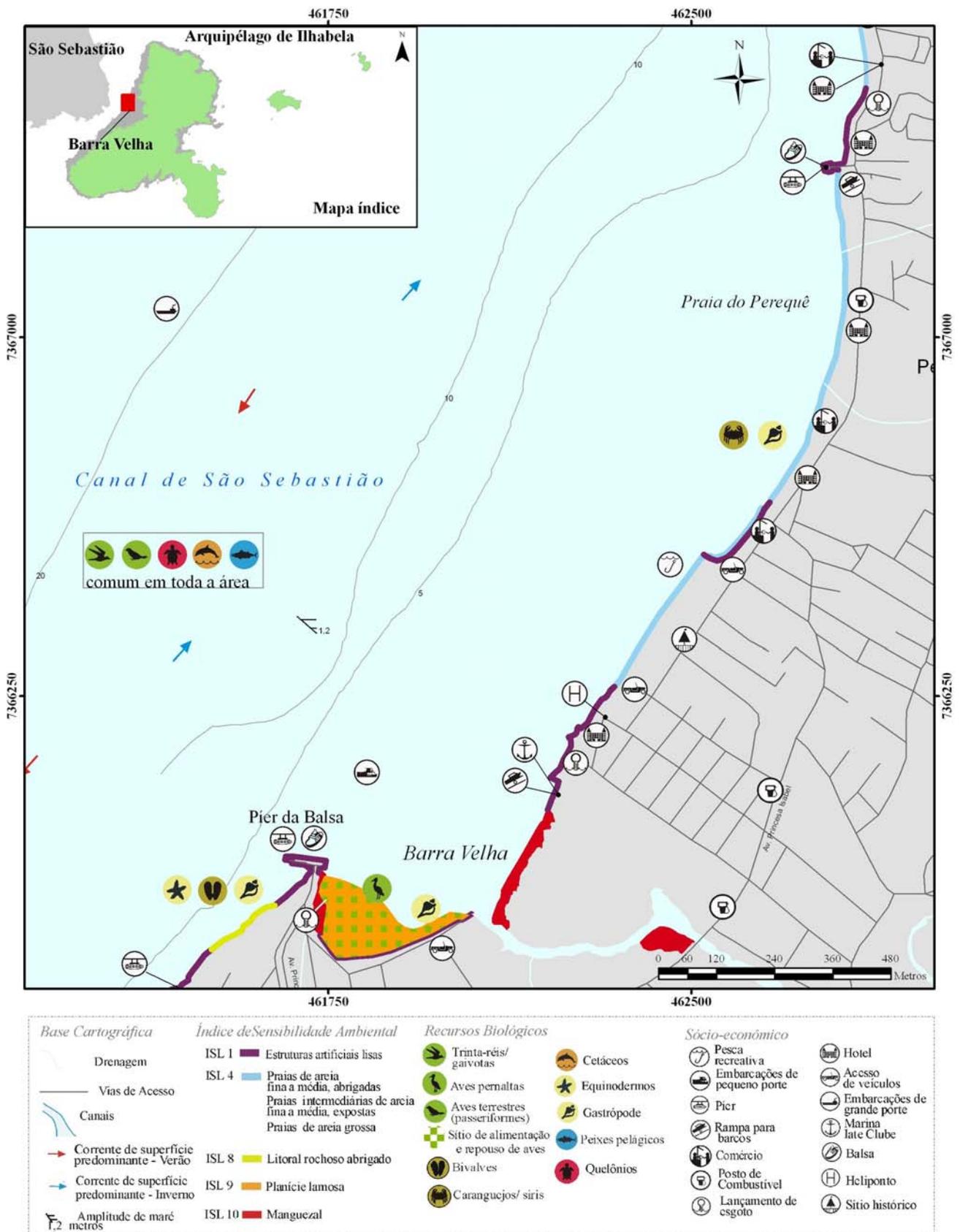


Fig. 3: Carta SAO operacional da região central da face ocidental da Ilha de São Sebastião.

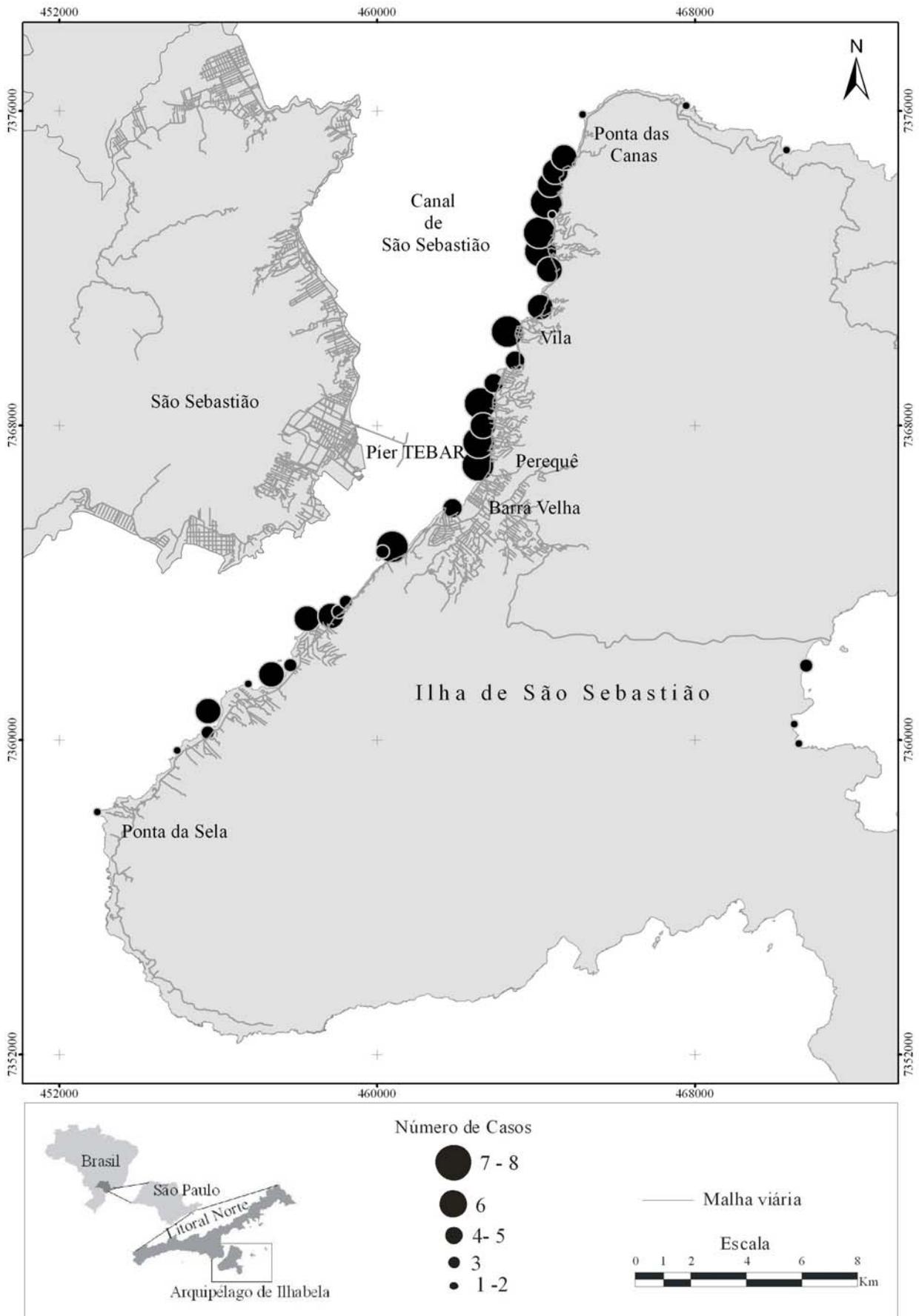


Fig. 4: Mapa do histórico de vazamentos que atingiram a face ocidental da Ilha de São Sebastião.

Nem todos os aspectos relevantes à sensibilidade ao óleo são passíveis de representação nas cartas SAO. Neste sentido, é fundamental o desenvolvimento de Sistemas de Banco de Dados Geográficos que, pela sua capacidade no armazenamento de dados, podem ser utilizados no planejamento de emergências e elaboração de planos de contingência. Isso significa que após um projeto de mapeamento para cartas SAO, o banco de dados passa a agregar mais informações que as representadas cartograficamente. Deve, portanto, ser adotado de forma integrada com as cartas como instrumento de gestão de emergências.

O mapeamento do histórico de vazamentos que atingiram o Arquipélago de Ilhabela pode ser utilizado um dos subsídios para definição de locais para instalação de Centros de Defesa Ambiental (CDAs) e, assim, prevenir impactos por óleo. Tal estudo pode servir, ainda, como instrumento de validação para modelos de análise de suscetibilidade e vulnerabilidade ambiental a derramamentos de óleo.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP – PRH05 pela concessão da bolsa e todo o apoio necessário à realização do presente estudo. Ao Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMar-USP) pelo apoio logístico durante as campanhas de campo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP. **Dados sobre os terminais aquaviários brasileiros**. Agência Nacional do Petróleo. disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 6 maio. 2006.

ARAÚJO, S. I.; SILVA, G. H.; MEUHE, D. **Manual Básico para Elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo no Sistema Petrobras: Ambientes Costeiros e Estuarinos** - Petrobras- RJ, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 293, de 12 de Dezembro de 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo**. Brasília: 2004, 107p.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **Determinação do perfil, declive e área entremarés de praias de areia**. Procedimento Operacional Padronizado. São Paulo: 1998, 21p.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental –

CETESB. **Derrames de óleo no mar e ecossistemas costeiros**. São Paulo: 2002. Apostila de curso.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **Estatísticas sobre vazamentos de óleo no estado de São Paulo**. Disponível em <<http://www.cestesb.sp.gov.br>>. Acesso 13 abr. 2007

DEVIDS, C. C; MILANELLI, J. C. C.; DIAS-BRITO, D. Limpeza de ambientes costeiros contaminados por petróleo: uma revisão. **Pan-American Journal of Aquatic Science**. v. 2, n. 1, p. 1-12, 2007.

DIAS-BRITO, D; ZANINETTI, L. Étude géobotanique comparative de trois mangroves du littoral brésilien: Acupe (Bahia), Guaratiba (RJ) et Iguape (São Paulo). **Notes du Laboratoire de Paleontologie de L'Université de Genève**. n. 4, p. 57-65, 1979.

FOLK, R. L; WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentology and Petrology**. v. 27, p. 3-26, 1957.

FURTADO, V. V. **Contribuição ao estudo da sedimentação atual no Canal de São Sebastião, Estado de São Paulo**. 1978. Tese (Doutorado em Oceanografia Física) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GUNDLACH, E. R.; HAYES, M. O. Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. **Marine Technology Society Journal**. v.12, p.18-27, 1978.

MICHEL, J; DAHLIN, J. **Guidelines for developing digital environmental sensitivity index atlas databases**. Hazardous Materials Response and Assessment Division - NOAA,1993.

POFFO, I. R. F. **Vazamentos de óleo no Litoral Norte do Estado de São Paulo: análise histórica**. 2000. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de São Paulo, São Paulo.

POLETTE, M. **Planície do Perequê/ Ilha de São Sebastião – SP: Diagnóstico e Planejamento Ambiental Costeiro**. 1993. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SANTOS, T. C. S.; CÂMARA, J. B. D. (org). **GEO Brasil 2002 – perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. p.447.

SILVA, H. S; ARAÚJO, L. A.; **Gerenciamento de derrames de petróleo: sensibilidade ambiental x suscetibilidade ambiental x vulnerabilidade**

**ambiental.** in: ENCOGERCO, n. 2, 1994. Salvador: 1994.

VALENTE, M. H. M. **Circulação na plataforma interna do litoral norte do Estado de São Paulo.** 1999. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LIMA, M. V. **Mapeamento de Sensibilidade Ambiental ao Óleo do Arquipélago de Ilhabela.** 2007. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.

WENTWORTH, W. C. Grade and class terms for classic sediments. **Journal Geology**, v. 30, p. 377-392, 1922.

WIECZOREK, A.; DIAS-BRITO, D.; MILANELLI, J.C.C. Mapping oil spill environmental sensitivity in Cardoso Island State Park and surroundings areas, São Paulo, Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 50, p. 872-886, 2007.