

## Caracterização da sensibilidade ambiental ao óleo – litoral sul paulista com o apoio de técnicas de Geoprocessamento

Graziela Thaís Meneghetti <sup>1</sup>

Paulina Setti Riedel <sup>2</sup>

José Ricardo Sturaro <sup>3</sup>

Universidade Estadual Paulista – IGCE/UNESP

Cx. Postal 178 – CEP: 13506-900 – Rio Claro – SP, Brasil

<sup>1</sup> grazielatm@gmail.com, <sup>2</sup> psriedel@rc.unesp.br, <sup>3</sup> sturaro@rc.unesp.br

**Abstract.** This study aimed to analyze the environmental sensitivity to oil spill in the South Coast of Sao Paulo State, using Geoprocessing tools, in order to promote planning combat actions in case of oil spills and to minimize the environmental impacts in the area. The Environmental Sensitivity Mapping of Oil Spill in São Paulo State was conducted by the Environmental Sensitivity Oil Spills Research Group, linked to the Human Resources Program in Geology and Environmental Sciences Applied to Oil and Gas, PRH-05 (UNESP/MCT/FINEP/ANP), Institute of Geosciences and Exact Sciences, UNESP. To achieve the proposed objectives, the original information and documents related to the study area, which was divided into municipalities, were integrated. A descriptive statistical analysis was performed, based on parameters of dispersion and trend, making it possible to answer questions related to the distribution of sensitivity index to oil in this portion of the state. The prevalence of sensitivity index by environment and the dominance of existing environments in the study area were evaluated, in order to provide an overview of this portion of State of Sao Paulo to its oil sensitivity, to help the combat planning in case of an accident, usual in the coastal area.

**Palavras-chave:** Oil Spill, Mapping of environmental sensitivity oil spill, environmental sensitivity index, Derramamento de óleo, Cartas de sensibilidade ambiental ao óleo, índice de sensibilidade ambiental.

### 1. Introdução

Com o aumento da utilização do petróleo, as áreas costeiras tornaram-se locais suscetíveis a acidentes devido à circulação de embarcações. Os derramamentos de petróleo nessa região podem envolver colisões de navios, portos, refinarias, unidades de armazenamento, navios encalhados, rupturas de oleodutos entre outros, trazendo grandes prejuízos aos ecossistemas costeiros, à vida humana e às atividades socioeconômicas.

Embora a preocupação sobre os danos causados pelo derramamento de petróleo tenha aumentado nas últimas décadas, a ocorrência dos acidentes ainda é significativa. Para tanto, é necessário o aprimoramento de técnicas de respostas aos vazamentos.

De acordo com IPIECA (2000), os planos de contingência podem ser eficazes de forma a minimizar os impactos de um vazamento estabelecendo os recursos a serem utilizados e as áreas prioritárias de proteção tornando possível a redução das consequências ambientais e o direcionamento das ações de limpeza.

Nesse contexto, as Cartas de Sensibilidade Ambiental – Cartas SAO são de extrema utilidade. Estas cartas apresentam informações acerca dos recursos físicos, biológicos e socioeconômicos para auxiliar na elaboração de planos de contenção e avaliação das áreas danificadas perante sua sensibilidade.

As Cartas SAO classificam o litoral segundo seu Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), esse índice varia de 1 a 10, sendo 1 relativo aos ambientes menos sensíveis e 10 aos mais sensíveis.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo reunir e integrar as informações do Litoral Sul do Estado de São Paulo, organizadas inicialmente por municípios, num ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), de forma a propiciar uma visão panorâmica da sensibilidade ao óleo da região, ao realizar análises estatísticas descritivas que contribuam na elaboração dos planos de contingência da área.

As análises realizadas permitirão conhecer os ISLs (índices de sensibilidade ambiental ao óleo) predominantes, a frequência relativa dos ambientes desta faixa do litoral paulista, bem como a distribuição relativa de ISLs por tipo de ambiente. Esse estudo propiciará uma análise panorâmica deste trecho do litoral paulista, o que poderá facilitar o direcionamento dos recursos a serem utilizados na região para maior eficiência das medidas de contenção dos prejuízos ambientais aos derramamentos de óleo.

O mapeamento de Sensibilidade Ambiental a derramamentos de Óleo do Estado de São Paulo foi realizado pelo Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental a Derrames de Petróleo, vinculado ao Programa de Formação de Recursos Humanos em Geologia e Ciências Ambientais Aplicadas ao Setor de Petróleo e Gás, PRH-05 (UNESP/MCT/FINEP/ANP), no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP.

O Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental tem trabalhado no mapeamento da costa paulista, em escala operacional, em ambiente SIG, voltado à confecção de cartas de sensibilidade ambiental ao óleo (Cartas SAO), levantamento de recursos abióticos, bióticos e sócioeconômicos e construção de um sistema de informação aplicado à elaboração de Cartas SAO (financiado pelo CNPq, Edital CT-Petro/MCT/CNPq 16/2005). O Grupo de Pesquisa mantém também importante vínculo com Petrobras e CETESB.

## 2. Materiais e Métodos

Os materiais utilizados foram as Cartas SAO produzidas nos respectivos trabalhos: Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo e Cartas SAO. Trecho: Praia Grande – Ilha Comprida, Litoral Paulista (ROMERO, 2009); Mapeamento de sensibilidade a derrames de petróleo do parque estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) e áreas de entorno (WIECZOREK, 2006); Mapeamento de sensibilidade dos ambientes costeiros da Ilha de São Vicente e região do entorno a derramamentos de óleo (PERINOTTO, 2010).

De forma a facilitar a análise estatística do comportamento dos ambientes do litoral Sul do estado de São Paulo, os shapes dos municípios foram produzidos e unidos por meio do software ArcGis 9.3. Os gráficos foram elaborados por meio do pacote estatístico do Microsoft Office Excel 2007. O software Grapher 8.3.523 permitiu a realização de cálculos de estatística descritiva e histogramas.

Dessa forma foi possível avaliar as seguintes informações abaixo:

- Quais os ISLs predominantes no litoral Sul
- Quais os ISLs predominantes em cada ambiente
- Média, mediana, coeficiente de variação e desvio padrão das extensões dos ambientes de praia e costões
- Perímetro médio dos mangues

Para realização dos cálculos estatísticos, inicialmente esses dados foram analisados por meio da contagem de ocorrência de ISLs. Optou-se por não utilizar essa metodologia, uma vez que a contagem dos segmentos poderia não representar a realidade da sensibilidade da região. Dessa forma, a análise foi realizada por meio da soma das extensões dos segmentos de cada ISL.

Essa decisão também apresentou dificuldades de abordagem, uma vez que alguns ISLs foram mapeados na forma de polígonos e outros na forma de linhas. Para solucionar a dificuldade de comparação entre áreas a seguinte prática foi adotada: no caso dos polígonos referentes aos ambientes mangues, bancos de lama, bancos arenosos foram utilizados cálculos de perímetro. No caso dos segmentos lineares, referentes aos ambientes de praias, estruturas artificiais, costões rochosos e barrancos foram utilizadas as extensões.

### 3. Resultados e Discussões

Foi obtido um gráfico (Figura 1) que demonstra a presença dos ISLs do litoral sul e suas respectivas porcentagens de ocorrências na região, considerando-se seus perímetros e extensões:

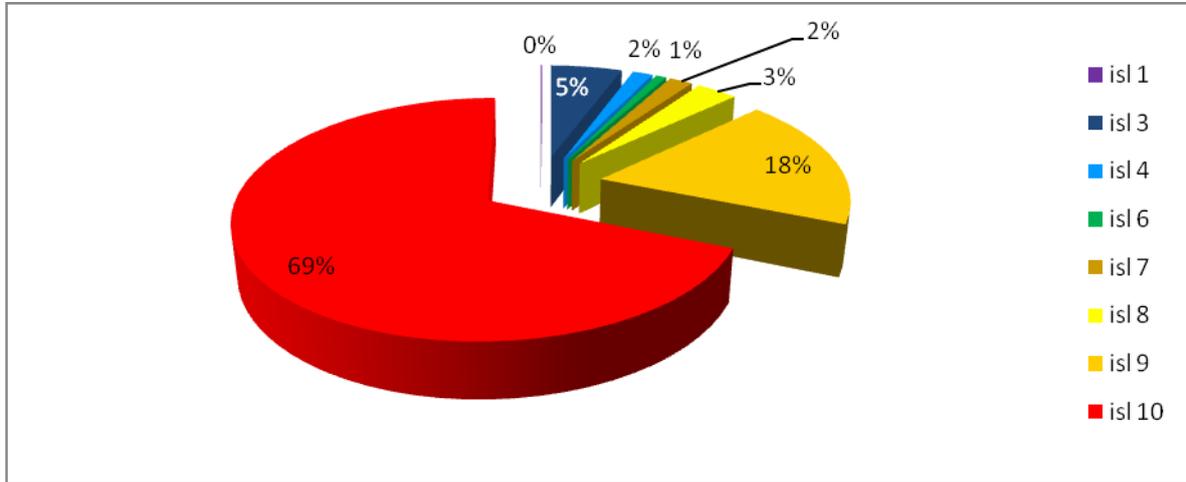


Figura 1: Gráfico demonstrando os ISLs presentes no Litoral Sul e suas respectivas ocorrências.

O gráfico acima demonstra a presença dos ISL 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9 e 10. Sendo que mais expressivamente há a ocorrência de ISL 10 (69%), ISL 9 (18%) e ISL 3 (5%) caracterizados respectivamente por mangues, banco de lamas, e praias. Dos ambientes encontrados no litoral sul, alguns são constituídos por apenas um ISL: Estruturas Artificiais constituído por apenas ISL 8, assim como o ambiente Barrancos. O ambiente Mangue possui apenas ISL 10 enquanto o ambiente Bancos de Lama ISL 9. O ambiente Bancos arenosos também é formado por apenas o ISL 7. Os demais agregam mais de um ISL e serão demonstrados em forma de gráfico nas figuras 2 e 3.

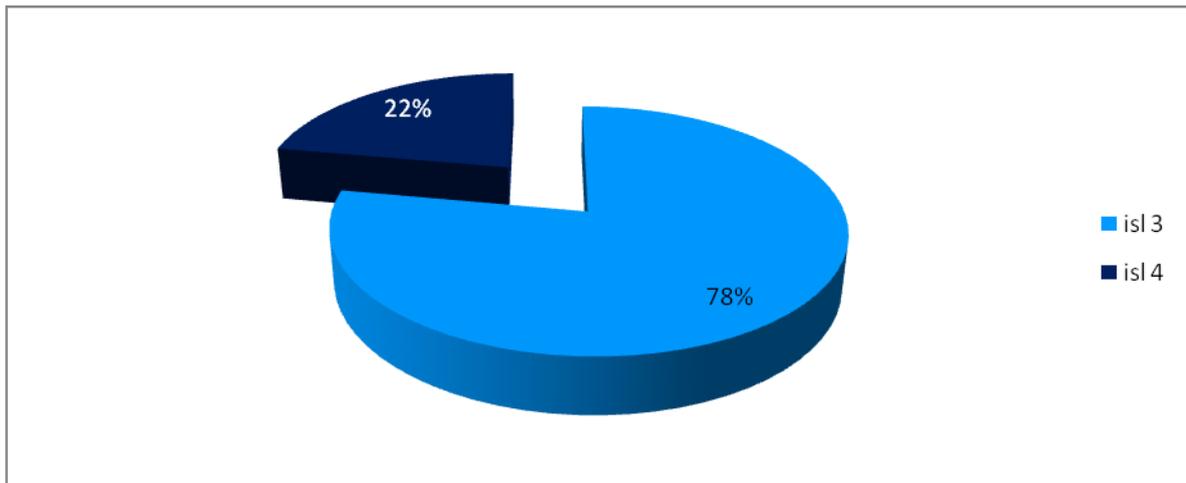


Figura 2: Gráfico demonstrando a predominância dos ISLs no ambiente Praia.

O ambiente Praia, demonstrado na figura 2 é formado pelos ISLs 3 (ocorrência 22%) e 4 (ocorrência 78%). O ISL 3 é caracterizado por:

- praia de areia fina a média, estuarina;
- praia dissipativa de area média a fina, exposta, oceânica;

- praia dissipativa de area média a fina, exposta;

O ISL 4 é caracterizado por:

- praia de areia fina, estuarina;

- praias fluviais de areia fina a média, abrigadas;

O ambiente Costões Rochosos é constituído pelos ISLs 1, 6 e 8 com ocorrência de 9%, 68% e 22%, respectivamente (Figura 3). O ISL 1 é caracterizado por costão rochoso liso e exposto.

O ISL 6, segundo o gráfico da Figura 3, é o que predomina no ambiente costões rochosos e possui as seguintes características:

- Costão rochoso com presença de heterogeneidade ou refúgios, exposto, marinho;

- Costão Rochoso, Matacões, exposto;

- Costão rochoso com presença de heterogeneidade ou refúgios, exposto;

As características do ISL 8 estão descritas a seguir:

- Matacões Estuarinos

- Costão Rochoso, Liso, abrigado;

- Costão Rochoso, Matacões, abrigado;

- Costão Rochoso, Matacões, estuarino;

- Costão Rochoso Abrigado;

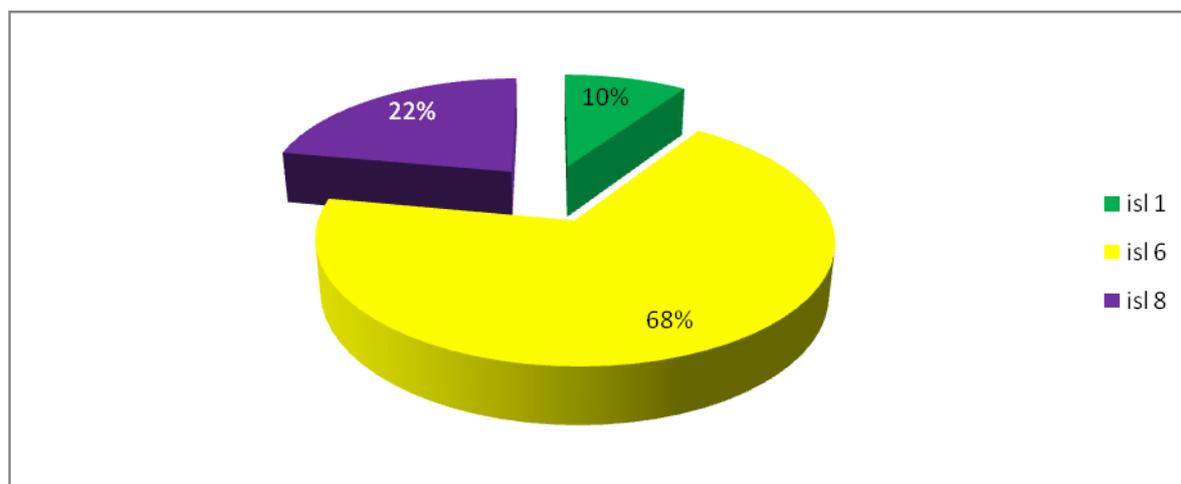


Figura 3: Gráfico demonstrando a predominância de ISLs em costões rochosos.

Obtiveram-se também os valores médios de extensão dos ambientes de costões rochosos e praias em km. Pôde-se constatar que os costões rochosos mapeados possuem uma média de extensão de 0,99 km enquanto as praias mapeadas possuem médias de 4,78 km (Tabela 1). A mediana desses ambientes se apresenta como 0,59 km e 1,00 km respectivamente. As modas, que representam os valores mais freqüentes das distribuições equivalem a 0,4 Km para costões e 5 km para praias, indicando que nesta porção do litoral as praias possuem extensões bastante superiores aos costões. A simetria da distribuição dos costões rochosos e praias são de respectivamente 1.72 e 4.9, ambas positivas, mostrando que a maiores populações encontram-se associadas aos menores valores de extensão. Isso demonstra que a distribuição dos dados de praia é menos simétrica que a de costões, por possuir maior discrepância de valores no conjunto de dados, afastando-se mais de uma distribuição normal, que seria representada pelo valor zero.

A distribuição de extensão do ambiente Costões Rochosos possui um desvio padrão de 1,03 km, enquanto o ambiente Praia possui um desvio de 12,34 km, essa informação permite constatar que as praias apresentam maior variabilidade de extensão comparada aos Costões Rochosos. Embora a moda da distribuição das praias se situe em aproximadamente 5 km, a

existência de algumas praias muito extensas alteram significativamente a média de extensão deste ambiente, não representando, portanto, uma estatística confiável a ser utilizada numa análise panorâmica do que ocorre nesta porção do litoral de São Paulo. Esse mesmo fator de contaminação da média pela ocorrência de alguns valores mais altos, ocorre para os ambientes Costões Rochosos e Mangues.

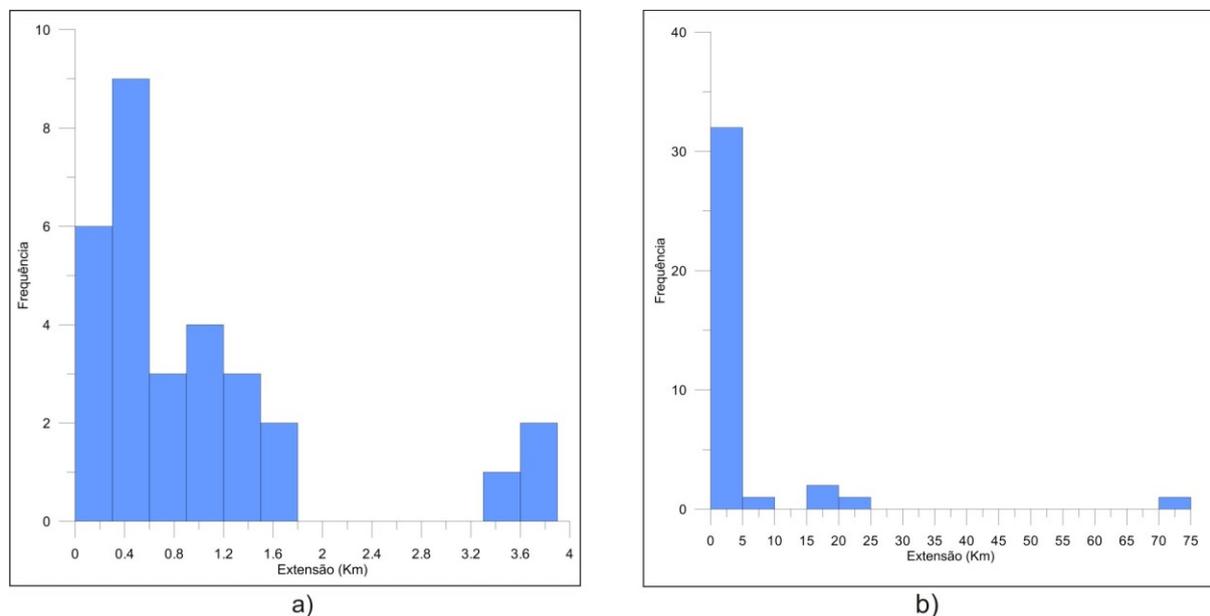


Figura 4: Histograma das extensões dos costões rochosos (a) e das praias (b) do litoral sul.

<b>Costões Rochosos</b>	
Número de Dados	30
Soma	29.94 km
Valor Mínimo	0.005 km
Valor Máximo	3.799 km
Média	0.998 km
Mediana	0.598 km
Primeiro Quartil	0.350 km
Terceiro Quartil	1.410 km
Desvio Padrão	1.034 km
Coefficiente de Variação	103.669 %
Simetria	1.72

<b>Praias</b>	
Número de dados	37
Soma	177.15 km
Valor Mínimo	0.15 km
Valor Máximo	72.34 km
Média	4.78 km
Mediana	1.00 km
Primeiro Quartil	0.58 km
Terceiro Quartil	2.69 km
Desvio Padrão	12.34 km
Coefficiente de Variação	25.773 %
Simetria	4.9

Tabela 1: Estatística descritiva dos ambientes Costões Rochosos e Praias.

Com relação aos mangues, estes possuem perímetros com médias de 26,54 km. A mediana demonstrou um valor de 11,87 km. O gráfico da Figura 5 demonstra a distribuição dos dados de perímetros do ambiente de manguezal da região. A moda presente na tabela 2 indica que a maioria dos mangues possui perímetros de até 20 km. O desvio padrão desse ambiente foi mensurado em 40,17 km. A grande extensão das áreas de mangues garante a alta sensibilidade do litoral sul paulista. A simetria do ambiente Mangue é de 3,9, também positiva, demonstrando dessa forma a mesma discrepância no conjunto de dados causando histogramas assimétricos como nos ambientes Costões Rochosos e Praias.

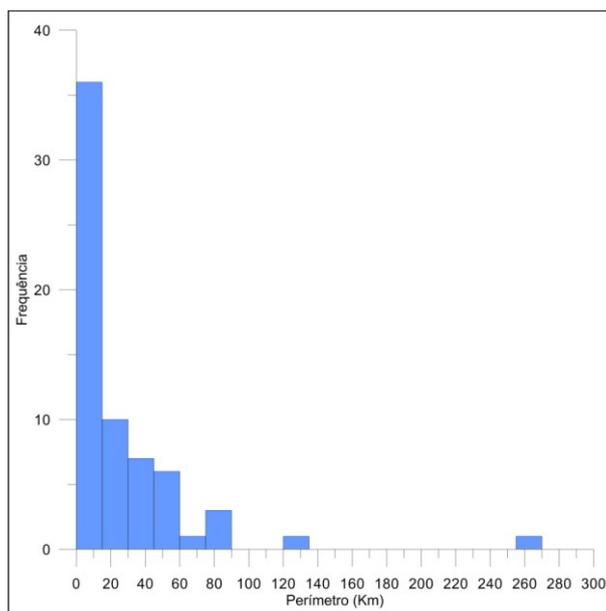


Figura 5: Histograma dos perímetros dos mangues do litoral sul.

<b>Mangues</b>	
Número de dados	65
Soma	1725,352 km
Valor Mínimo	0,045657 km
Valor Máximo	267,6371 km
Média	26,54387 km
Mediana	11,87035 km
Primeiro Quartil	5,094274 km
Terceiro Quartil	32,94222 km
Desvio Padrão	40,17945 km
Coefficiente de Variação	1,5137 %
Simetria	3,9

Tabela 2: Estatística descritiva do ambiente Mangue.

#### 4. Considerações finais

Conclui-se por meio desse estudo, baseado numa estatística descritiva dos ambientes, que o Litoral Sul Paulista é uma região muito sensível a derramamentos de óleo com predomínio de ISL 10, ISL 9 e ISL 3, associados aos ambientes mangues, bancos de lamas e praias.

As praias do litoral sul possuem muitas estações ecológicas e áreas preservadas com pouca interferência antrópica, por essa razão a limpeza natural deve ser priorizada. Com relação aos estuários e mangues, acidentes ocasionados nessa região podem ter danos irreparáveis ao meio ambiente. As áreas de mangue são de extrema riqueza natural e de difícil dissipação do óleo em caso de derramamento assim como os bancos de lama.

Conclui-se que os ambientes mais representativos na área de estudo são representados em sua maioria pelos ISLs mais sensíveis, dessa forma, a identificação dos ambientes e definições de ações de recuperação são importantes para que planos de contingência possam ser elaborados de maneira eficiente. Os estudos estatísticos aqui desenvolvidos permitiram uma

análise rápida e direta dos dados, além de uma visão panorâmica desta região do estado de São Paulo, no tocante ao seu comportamento frente à sensibilidade ambiental ao óleo.

A utilização de um Sistema de Informação Geográfica foi primordial neste estudo, uma vez que permite a integração dos dados e fornece a possibilidade de diferentes tipos de análise.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela bolsa concedida, processo 2009/14875-3.

### **Referências Bibliográficas**

#### **Relatório Técnico**

IPIECA. **Guía para la planificación de contingências ante derrames de hidrocarburos em água.** Série de informes de IPIECA. V. 2. p. 28, 2000.

#### **Dissertação/Tese**

PERINOTTO R. R. C. **Mapeamento de sensibilidade ao derrame de óleo dos ambientes costeiros dos municípios de São Vicente, Santos e Guarujá – SP.** Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2010.

ROMERO, A. F. **Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo e cartas SAO: trecho Praia Grande – Ilha Comprida, litoral paulista.** Dissertação (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista –UNESP, 2009.

WIECZOREK, A. **Mapeamento de sensibilidade a derramamentos de petróleo do Parque Estadual da Ilha do Cardoso – PEIC e áreas do entorno.** Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2006.