



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

PEDRO HENRIQUE RODRIGUES NASCIMENTO

**ORGANIZAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM
BANCO DE DADOS PARA A SENSIBILIDADE
AMBIENTAL AO ÓLEO E AVALIAÇÃO DE AÇÕES
ADEQUADAS DE RESPOSTA A DERRAMAMENTOS -
S. SEBASTIÃO (SP)**

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2008.

Rio Claro (SP)
2008



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

PEDRO HENRIQUE RODRIGUES NASCIMENTO

Orientadora: Prof^a Dr^a Paulina Setti Riedel

**ORGANIZAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM
BANCO DE DADOS PARA A SENSIBILIDADE
AMBIENTAL AO ÓLEO E AVALIAÇÃO DE AÇÕES
ADEQUADAS DE RESPOSTA A DERRAMAMENTOS -
S. SEBASTIÃO (SP)**

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2008.

Rio Claro (SP)
2008

574.5263 Nascimento, Pedro Henrique Rodrigues

N244o

Organização e implementação de um banco de dados para a sensibilidade ambiental ao óleo e avaliação de ações adequadas de resposta a derramamentos - S. Sebastião (sp)/ Pedro Henrique Rodrigues Nascimento. - Rio Claro: [s.n.], 2008

63 f. : il., figs., mapas, fots.

Trabalho de conclusão (Engenharia Ambiental) –
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas

Orientador: Paulina Setti Riedel

1. Ecologia aquática. 2. Sensibilidade costeira. 3. Cartas
SAO. 4. Métodos de limpeza. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, o Sr. Geraldo Donizete, por tudo, mas principalmente pela amizade, que dificilmente encontrarei uma parecida. São centenas de anos, tenho certeza.

À minha mãe, Sra. Denise Grangeiro, pelos ensinamentos, alguns ministrados sem a intenção, mas todos sempre muito valiosos. Obrigado pela doçura, pelos afagos.

Devo muito a vocês. Obrigado pela oportunidade!

À minha irmã Clarinha, que sei que não vive sem mim, assim como não vivo sem ela. Obrigado por ser minha consciência, minha face sóbria, mesmo sem saber disso. Eu te amo!

Aos meus avós: Sr. Elias Nascimento e Sra. Teresa Nascimento, que por sobre as nuvens, perto das estrelas, olham e torcem por todos nós. Sr. Marconi Rodrigues, sinônimo de alegria, que hoje faz os anjos sorrirem. Sra. Antônia Grangeiro, ainda presente fisicamente, nos brindando com seus encantos, histórias e broncas que finge nos dar.

À Néia e ao Klein, que, agora entendo, chegaram para somar, jamais dividir.

Aos meus grandes companheiros de São Sebastião: Boi, Cecel, Gustavo e Oreia. Não só pela amizade sincera, descompromissada e incondicional. Não só pelo compartilhamento de momentos únicos de alegria e de tristeza, de loucura e de seriedade, de agitação e de silêncio. Não só pelo suporte emocional, pelos planos, pela dividida incerteza sobre o futuro. Por tudo isso, e por me ajudarem a moldar meu caráter, meu modo de pensar, obrigado.

À minha família de sintonia rioclarense, pessoas com as quais vibro na mesma frequência, a República Enrosco: Gulosa, com quem dividi quarto nos últimos quatro anos, e que com muita alegria posso incluir na minha lista de grandes amigos (1,96 m, grande mesmo!). Dengue, sempre atento aos menores detalhes, a calma (quase) infinita. Matraca, pensando e agindo a mil por hora, a cabeça sempre à frente. Um Real e seu pensamento analítico e prático, mas girando fora do eixo sempre que a situação permite. E o Bixão, com o qual o convívio de um ano deixa duas certezas: A primeira é que bixo é mesmo burro e a segunda é que a República Enrosco deixará seu legado em mãos capacitadas.

Vocês foram minha família aqui em Rio Claro, com tudo a que uma família tem direito: brigas, companheirismo, cumplicidade, discussões, festas e até uma cachorrinha, a Karne! Muito obrigado a todos vocês, levarei comigo os seus exemplos para sempre.

Aos meus irmãos de Rio Claro: Rep. Refúgio (Brunão, Cataflan, Porp's, Tony e Tsu), com a qual a Rep. Enrosco formou por algum tempo a Rep. Quarteirão, Rep. Cabeças (Ana, Chati, Cóki, Da Mata, Kanela e Paula), essas doces criaturinhas cheias de alegria, e Rep. Manicômio (Aracaju, Kazuo, Kazuzinho, Pedrero, Robô e Ronaldo), ótimos companheiros pras festas e churrascos em geral.

Aos meus colegas de sala: Bianca, Carolzinha, Ibirá, Jaque, as japas Carol, Liane e Maika, Lê, Maíba, Natália, Susi, Thaís e Xororó. E um agradecimento especial à Isa, que juntamente com a Paula me “adotou” no primeiro ano de faculdade, e à Marrie, grande parceira de TCC e de brincadeiras no laboratório.

Aos colegas da faculdade: Hashi e Zen, Cebola, a especial Rep. Pocas & Boas, a galera do handebol, as incríveis pessoas que formam a Comissão de Formatura 2008, os amigos da Engenharia Ambiental, os já formados, o pessoal do Semente Viva, do futebol no campo.

Não posso deixar de agradecer também ao Miranda e à Dona Irani, pelo suporte dado e pelos inúmeros favores prestados. Grandes amigos feitos e que jamais serão esquecidos.

Ao Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental: Ágata, Kadu, Marcelo e Rafa. Agradeço pelo clima descontraído que proporcionavam ao laboratório, facilitando o árduo trabalho na frente do computador. Sem esquecer do grande suporte dado pelo Mateus, no ArcGIS, e pela Darlene, em tudo que ela pôde atender.

Ao João Carlos Milanelli, por compartilhar sua vasta experiência na área de sensibilidade costeira e ajudar com dicas valiosíssimas.

Em especial, à professora Paulina por me orientar desde meu segundo ano de faculdade. Sua experiência, doçura e seriedade, dosadas sempre de forma muito agradável e eficiente formaram em minha cabeça a idéia de *mestre*. Serei sempre grato, professora.

Aos professores Rodrigo, pela paciência e compreensão das dificuldades no desenvolvimento de outro projeto paralelo a este, e Marcão e Samuel, pelo empenho e entrega na melhoria do curso de Engenharia Ambiental.

E a Deus, que esteve sempre por trás de todas estas pessoas, tão especiais pra mim.
Obrigado a todos.

SUMÁRIO

	Página
Resumo	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1. Os Sistemas de Informação Geográfica e as cartas de SAO	8
2. OBJETIVOS	8
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	9
4. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO	13
4.1. Revisão Bibliográfica	14
4.1.1. Caracterização dos ambientes costeiros existentes em São Sebastião....	15
4.1.1.1. <i>Costão rochoso</i>	15
4.1.1.2. <i>Manguezal</i>	16
4.1.1.3. <i>Planície de maré e terraço de baixa-mar</i>	17
4.1.1.4. <i>Praia</i>	18
4.1.1.5. <i>Estruturas artificiais</i>	20
4.1.2. Métodos de combate a eventos de derramamento de óleo.....	21
4.1.2.1. <i>Ações de contenção</i>	23
4.1.2.2. <i>Ações de remoção</i>	29
4.1.2.3. <i>Ações de limpeza</i>	33
4.1.3. Métodos recomendados para cada ambiente.....	40
4.1.4. As cartas de sensibilidade ambiental ao óleo, sua origem e relevância..	41
4.2. Adequação dos Dados Existentes Para a Montagem do Banco de Dados.....	47
4.3. Implementação dos Dados.....	53
4.4. Publicação dos dados via internet.....	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
5.1. Os segmentos e os métodos de limpeza.....	54
5.1.1. Costões Rochosos	55
5.1.2. Manguezais	56
5.1.3. Planície de maré e terraços de baixa-mar	57
5.1.4. Praias.....	59
5.1.5. Ambientes artificiais	60
5.1.6. Síntese das informações dos métodos de limpeza	61
5.2. Web site	62
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

Resumo

A necessidade de se conhecer e preservar os ecossistemas costeiros se justifica ao se levar em conta toda a importância que esses ecossistemas têm para a nossa sociedade. Assim, é grande a preocupação em garantir que esses locais se mantenham livres de contaminações. Dentre os diversos tipos de potenciais poluentes que podem afetar os sistemas costeiros, os derivados de petróleo são os que causam o maior impacto, dada a frequência deste tipo de acidente. São necessárias ações de respostas rápidas a esse tipo de emergência, para que os efeitos negativos possam ser minimizados. Essa resposta é acelerada quando se conhece as áreas mais sensíveis e que apresentam características que a tornam de maior importância, como por exemplo, a presença de mariculturas ou o habitat de uma espécie endêmica. Além disso, é necessário saber quais medidas mitigatórias são recomendadas e quais as não recomendadas para as áreas atingidas, para que possam ser aplicados planos de emergência adequados para cada ambiente costeiro. É nesse contexto que esse projeto foi desenvolvido, ao implementar um banco de dados geográfico com informações sobre os ambientes existentes na região, além de dados sobre as melhores técnicas de limpeza para cada segmento do litoral da cidade de São Sebastião – SP. Esse banco de dados foi disponibilizado pela internet, possibilitando o acesso a ele por diversos tipos de usuários.

Abstract

The need to know and to preserve the coastal ecosystems is justified by the whole importance that those ecosystems have for our society. Then, it is big the concern in guaranteeing that those places stay free from contaminations. Among the several types of potentials pollutants that can affect the coastal systems, the petroleum-derived are the ones that cause the worst impacts, given the frequency of these accidents. Rapid actions are necessary in order to minimize the oil negative effects. This answer is faster when the most sensitive areas are known and when it presents characteristics of larger importance, as for instance, the presence of sea harvesting or the habitat of an endemic specie. Besides, it is necessary to know which cleanup methods are recommended and which are not recommended for the reached areas, so, the corrected emergency plans for each coastal environment can be applied. It is in this context that this project was developed, implementing a geographical database for the different coastal environment of São Sebastião municipality, SP, and also the data about the best cleanup techniques for each segment of the coast. This database was made available by the internet, enabling the access for several types of users.

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é conhecido e utilizado pelo homem desde a antiguidade, com os mais diversos fins: os egípcios embalsamavam seus mortos utilizando petróleo e os babilônios utilizavam-no como material de liga em construções. No século XVIII, era utilizado como medicamento e na iluminação (PEDROZO *et al.*, 2002).

A Revolução Industrial, ocorrida no século XVIII, fez aumentar a demanda humana por energia, por conta da produção de bens e do transporte dos mesmos. A princípio, as máquinas movidas a vapor e o carvão – seu combustível – eram largamente utilizadas. Em 1887, com a invenção dos motores à explosão, a gasolina e o diesel passaram a ser empregados como combustíveis para essas novas máquinas (CETESB, 2002) e o petróleo ganhou um novo *status*: recurso energético.

Em 1930 surgiu a indústria petroquímica e com ela diversos derivados do petróleo, que acabam por aumentar a procura por este bem. Mas é a partir da Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945) que o petróleo definitivamente se firmou como um recurso imprescindível para garantir, além de combustível e energia, as comodidades da vida cotidiana: plásticos, borrachas sintéticas, tintas, adesivos, solventes, detergentes, cosméticos, fármacos, corantes e uma infinidade de outros produtos (PEDROZO *et al.*, 2002).

Para atender à crescente demanda por petróleo, desde a década de 30 vêm-se intensificando a procura e a conseqüente descoberta de novos campos petrolíferos e aperfeiçoando-se as explorações submarinas e de superfície. Além disso, toda uma infraestrutura de transporte do óleo e dos seus derivados foi implantada, constituindo-se de dutos, estações de recalque, terminais marítimos de carga e descarga, navios petroleiros transoceânicos, etc. (CETESB, 2002). Toda essa estrutura está suscetível a falhas, e as perdas por vazamentos são uma constante. Os derramamentos de petróleo próximos à zona costeira trazem sempre graves prejuízos aos ecossistemas locais, acarretando em sérios danos à vida selvagem, aos ambientes naturais e às atividades socioeconômicas, como o turismo, a maricultura e a pesca (WIECZOREK, 2006). Além de todos esses prejuízos materiais, há também a opinião pública, movida principalmente pela mídia: a população sente-se indignada com a empresa responsável pelo acidente, o que causa um estrago considerável na imagem da mesma. Devido a estes fatores e outros, como sanções legais, todas as empresas que trabalham com óleo e derivados têm feito um esforço muito grande nos últimos anos para diminuir ou zerar a frequência de acidentes com óleo, principalmente no mar. Porém, estes continuam a acontecer. Como exemplo, pode-se citar o caso ocorrido em fevereiro de 2004 em São Sebastião, quando houve o rompimento do oleoduto OSBAT, da Petrobras, em terra. A pluma alcançou o rio Guaecá (rio classe 1, dentro de unidade de conservação) a cerca de 70

metros à jusante do tubo. Não foi possível determinar o volume de óleo vazado, pois o mesmo saturou o solo e atingiu o lençol freático. Doze meses depois do acidente, o óleo ainda aflorava em pontos do rio Guaecá e da praia de Guaecá (MILANELLI, [2006?]).

1.1. Os Sistemas de Informação Geográfica e as cartas de SAO

As Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo (ou cartas SAO) são ferramentas de grande importância na gestão das atividades em um evento de derramamento de óleo, ajudando a definir quais locais são prioritários para a limpeza. Quando se implementa esse tipo de carta em um software de Sistema de Informações Geográficas (SIG), obtém-se uma ferramenta capaz de trabalhar com um enorme volume de dados descritivos e espaciais, de modo que cada ambiente tenha sua sensibilidade analisada e representada com a maior segurança possível.

Os SIGs são programas computacionais utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Os dados em um SIG podem ser organizados sob a forma de um banco de dados geográfico, permitindo assim consultas, entrada e saída de dados, edição desses dados, etc. (WIECZOREK, 2006). Outra grande vantagem de um SIG ou de qualquer outro documento digital é a possibilidade de alteração e atualização. Como as informações – principalmente as socioeconômicas – podem ser muito dinâmicas em determinado local, essa possibilidade de atualização constitui uma vantagem com relação às cartas impressas (IPIECA, 1994).

Em vista dos pontos expostos acima, vê-se a necessidade da existência de ferramentas que auxiliem o processo de tomada de decisão em casos de derramamento de óleo.

2. OBJETIVOS

Os objetivos do presente projeto são:

- Organização e sistematização dos dados referentes ao município de São Sebastião para cartas SAO (Sensibilidade Ambiental ao Óleo) em ambiente SIG.
- Estudo dos métodos de combate ao óleo e indicação dos métodos indicados e contra-indicados para cada ambiente.
- Disponibilização destes dados na internet.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de São Sebastião localiza-se no Litoral Norte do estado de São Paulo. Está situado entre as coordenadas 23°48' S e 45°24' W (Figura 1). Possui uma área de aproximadamente 403 km², e uma população de 67.348 habitantes, segundo o IBGE (2007). A taxa de crescimento populacional da cidade é de 4,88%, e a densidade demográfica, de 153 habitantes por km².

O município faz divisa ao norte com Caraguatatuba, a oeste com Bertioga, a noroeste com Salesópolis, ao sul com o Oceano Atlântico e a leste com o Canal de São Sebastião.

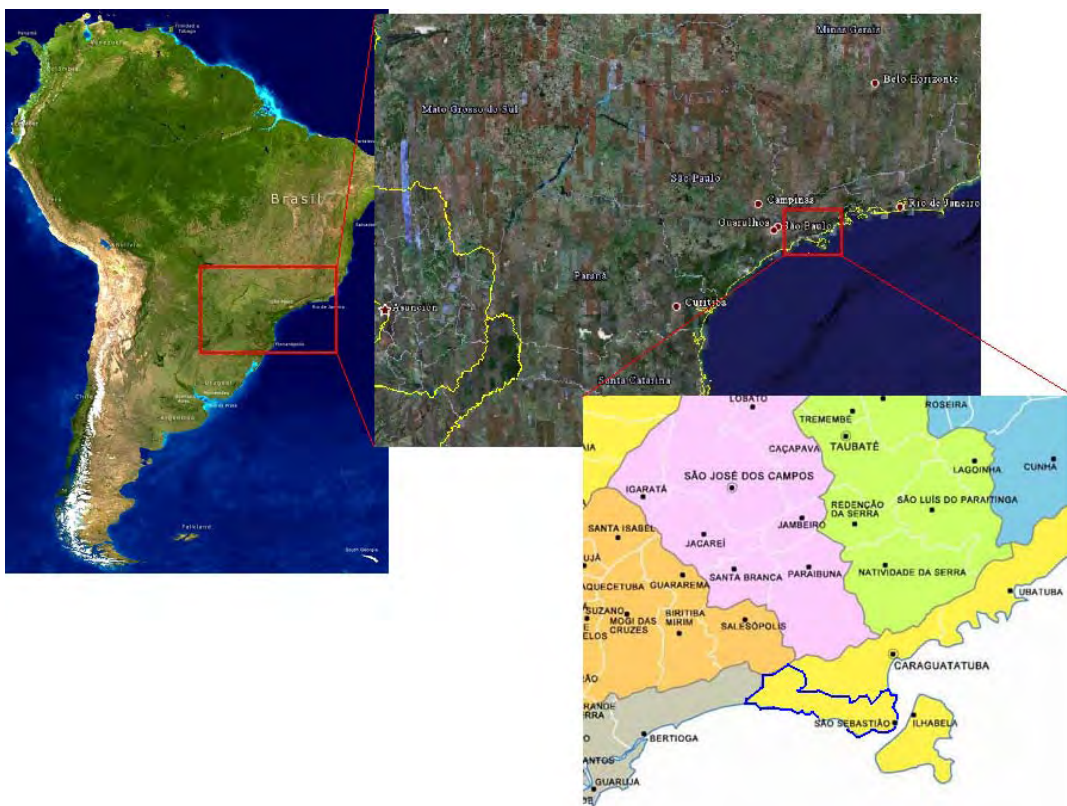


Figura 1 – São Sebastião no contexto da América do Sul.

A atual situação econômica do município começou a se formar a partir da construção das rodovias Rio-Santos e dos Tamoios, que ligaram o porto de São Sebastião ao Vale do Paraíba e às grandes cidades de Santos e Rio de Janeiro. Essas duas ligações fizeram com que o turismo explodisse na região. Hoje, a grande vocação do município é o turismo, sendo conhecido por suas praias limpas e de águas calmas e claras, o que favorece o lazer e a atividade turística na região - assim como o município de Ilhabela, localizado no lado oposto do Canal de São Sebastião. Em São Sebastião ainda estão localizados parte do Parque Estadual da Serra do Mar (PESMar) e o Centro de Biologia Marinha da USP (CEBIMar).

O município, que ocupa a margem continental do Canal, tem seu desenvolvimento econômico em grande parte ligado à presença do Porto de São Sebastião e da Petrobras, através das atividades relacionadas com o petróleo e derivados junto ao Terminal Almirante Barroso – o TEBAR (LIMA, 2007). Após a construção desse Terminal Marítimo da Petrobras em 1969, houve um aumento nas receitas municipais e dinamizou-se a economia do local, proporcionando diversas melhorias nos serviços e na infra-estrutura urbana. No entanto, criou-se também o problema gerado pelos diversos vazamentos de óleo, prejudicando a biota e outras atividades socioeconômicas, como o turismo (PINCINATO, 2007). O primeiro e maior acidente ocorrido em São Sebastião aconteceu em agosto de 1974, com o navio Takimyia Maru, que despejou cerca de 6.000 m³ de óleo cru no mar após se chocar com um rochedo submerso (CETESB, 2002). Outros acidentes dessa espécie ocorreram depois, como o vazamento dos petroleiros Brazilian Marina em 1978 (6.000 m³) e Marina em 1985 (2.500 m³) e a ruptura do oleoduto OSBAT em 1994, que liberou 2.700 m³ de petróleo (CETESB, 2002).

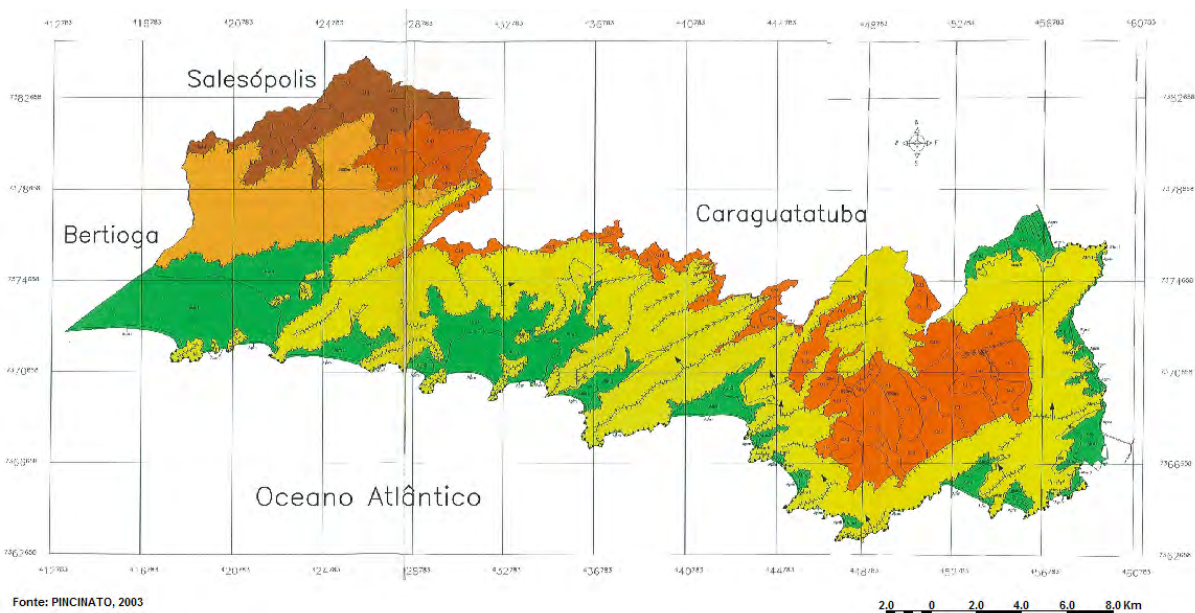
O TEBAR é o maior terminal marítimo petrolífero do Brasil, movimentando cerca de 55% do petróleo utilizado no país, e recebendo cerca de 60 navios petroleiros por mês (LIMA, 2007). Essa alta movimentação de óleo faz com que o Litoral Norte do estado de São Paulo seja o local mais impactado por vazamentos de óleo nas regiões sudeste e sul do Brasil (TOMASSI, 1994). Foram 338 casos de acidentes envolvendo transporte marítimo de óleo nesta região entre os anos de 1978 e 2007 (CETESB, 2007). Contudo, no canal de São Sebastião, especificamente, a maior parte dos acidentes (75%) referem-se a volumes inferiores a 1,0 m³, e as manchas ficam restritas ao Canal de São Sebastião, junto ao píer da Petrobras e no interior do canal (POFFO *et al.*, 2001).

Em relação ao clima, o município é caracterizado como tropical quente e úmido, sendo o clima dominado principalmente pela massa de ar tropical atlântica e, com menos intensidade, da massa polar atlântica e das influências continentais (SERRA & RATISBONA, 1942 *apud* PEREIRA, 2000). A temperatura média é de 23°C, e a pluviosidade é bastante elevada, devido à barreira que a Serra do Mar impõe à umidade provinda do oceano. Na região a estação seca é pouco notada, devido à alta umidade. Segundo o site do Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - SIGRH, a média anual de precipitação fica em torno de 1242 mm na face leste do município e de 2320 mm para a face sul. Possivelmente, essa é a região que apresenta a maior taxa pluviométrica do Brasil (PINCINATO, 2007).

Geomorfologicamente, o município compreende três unidades: o planalto, a serraia costeira e a baixada litorânea, representadas na Figura 2.

Os planaltos são separados das baixadas pelas altas declividades das escarpas da Serra do Mar. São encontrados na porção oeste do município, e podem ser divididos em três: o Planalto do Moraes, o Planalto do Lourenço Velho e o Planalto do Juqueriquerê (CAMPANHA *et alii.*, 1994 *apud* PINCINATO, 2003).

A Serrania Costeira é marcada pela presença de espigões e morros, que apresentam evoluções lenta e contínua, devido aos processos de rastejo e solifluxão, mas também rápida e irregular, provocada pelos movimentos de massa (CRUZ, 1974). A alta declividade propicia uma transferência muito rápida de matéria das secções superiores para a baixada litorânea. Uma das características mais marcantes de todo o Litoral Norte paulista - e por consequência de São Sebastião - é a proximidade da serraia costeira com a linha de costa, o que confere a ele o aspecto de litoral afogado (PINCINATO, 2007). Essa característica faz com que o litoral seja muito recortado, formando praias relativamente pequenas intercaladas com pontões rochosos. A formação de ilhas é também uma característica desse tipo de litoral. Finalmente, a baixada litorânea forma as “planícies” do município, e são constituídas basicamente por sedimentação marinha.



Legenda

- Compartimentos Geomorfológicos
- Planalto do Moraes
 - Planalto do Lourenço Velho
 - Planalto do Juqueriquerê
 - Escarpas dos Planaltos do Moraes e Lourenço Velho
 - Serrania do Juqueriquerê
 - Planície Quaternária

Figura 2 - Compartimentos geomorfológicos da área de estudo.

O litoral sebastianense possui duas “faces”: uma voltada para o leste, para o Canal de São Sebastião e para a Ilha de São Sebastião, que vai da divisa norte do município com Caraguatatuba até a Ponta do Araçá, e outra face voltada para o sul e para o mar aberto, bastante extensa, que vai da Ponta do Araçá até o limite oeste do município, com Bertioga.

A geologia de São Sebastião pode ser dividida basicamente em duas grandes unidades: o embasamento cristalino, formador da Serra do Mar em sua maior parte, e os depósitos quaternários, que compõem as planícies próximas ao mar. O embasamento cristalino é formado por cinco unidades: leucogranito com granada, biotita gnaíse passando a migmatitos bandados, migmatitos de estruturas variadas, gnaíse porfiroblástico a milonítico e granito porfirítico (SILVA *et alii*, 1997 *apud* PINCINATO, 2003). Existem também alguns elementos estruturais, que influenciam bastante na esculturação do relevo, como dobras, falhas, foliações e estrias (SILVA *et alii*, 1997 *apud* PINCINATO, 2003). Os depósitos quaternários também são divididos em cinco unidades: depósitos detríticos, depósitos fluviais, depósitos marinhos, depósitos flúvio-lagunares e sedimentos litorâneos atuais. As unidades litológicas da região estão ilustradas na Figura 3.

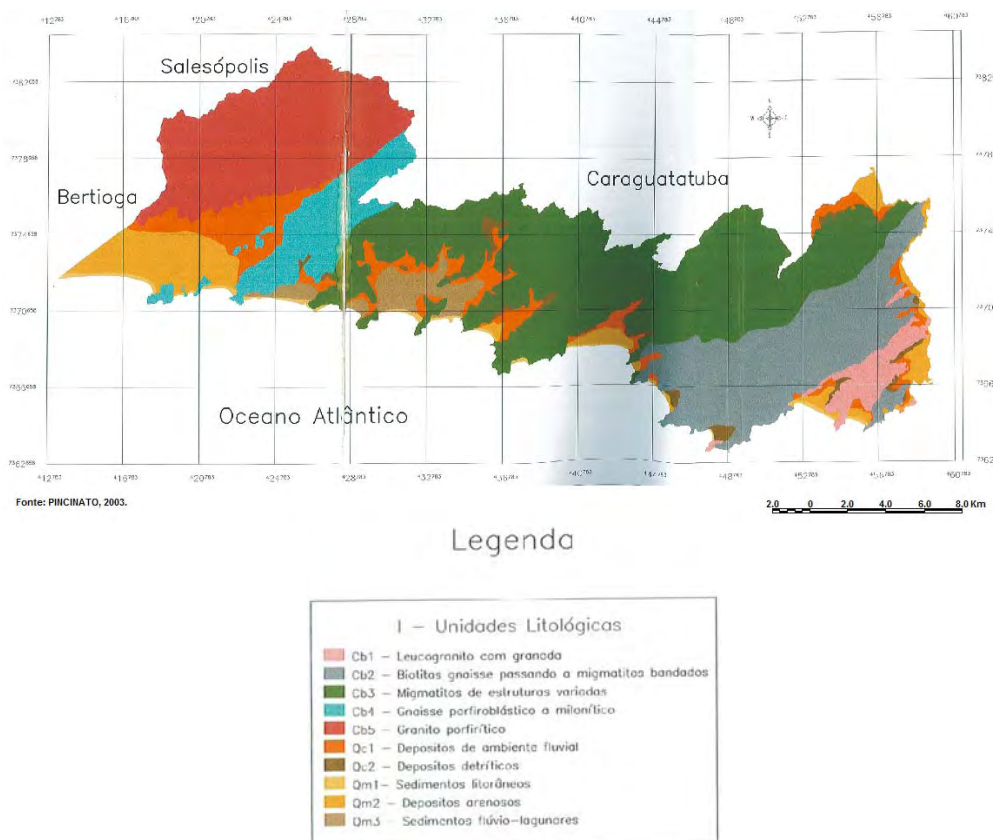
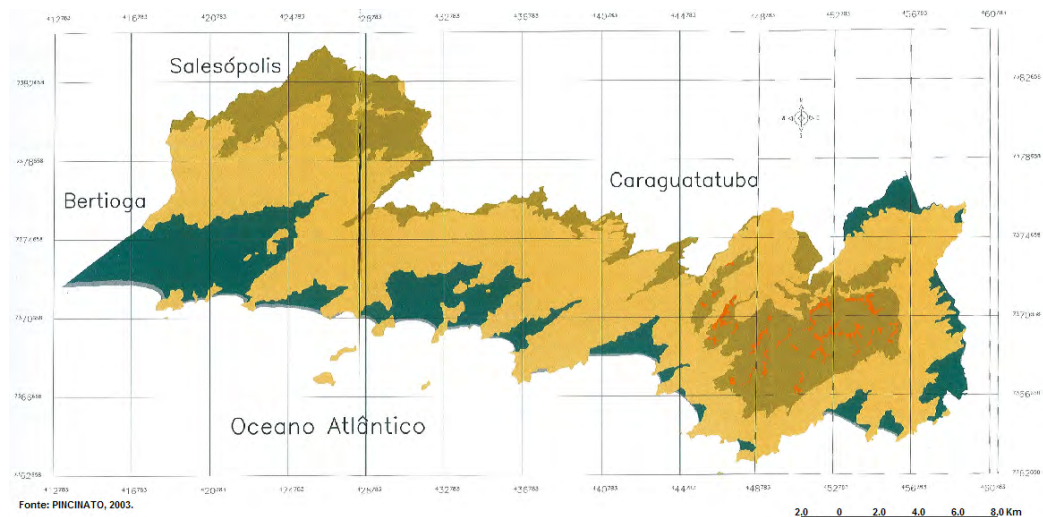


Figura 3 – Mapa litológico da área de estudo.

Os solos de São Sebastião podem ser classificados em quatro tipos diferentes: latossolo, cambissolo latossolo, cambissolo neossolo litorâneo, espodossolo neossolo quartzarênico. Além desses, existe a areia de praia na costa. A Figura 4 mostra a ocorrência espacial destes solos.



Legenda

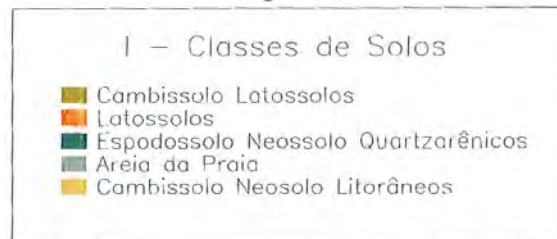


Figura 4 – Pedologia da área de estudo.

4. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO

O presente trabalho está inserido no contexto do Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental ao Óleo, certificado pelo CNPq em 2006, que envolve docentes e alunos da UNESP, além de pesquisadores externos, muitos deles pertencentes ao Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional de Petróleo (PRH-05/UNESP). Este grupo desenvolve vários projetos, e um deles, especialmente, envolveu etapas imprescindíveis para o presente trabalho. O projeto intitulado: “CONCEPÇÃO, DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO APLICADO À ELABORAÇÃO DE CARTAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL A DERRAMES DE PETRÓLEO: LITORAL PAULISTA”, apoiado pelo CNPq (CT-PETRO/MCT/CNPQ 16/2005), que se encontra em fase de finalização tem como objetivos:

- Conceber, desenvolver e implementar um Sistema de Informações Geográficas para o litoral do Estado de São Paulo, visando à elaboração de cartas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Petróleo (Cartas SAO), por meio da organização e sistematização de toda informação e documentação necessária ao processo, que deve contemplar informações espaciais, representadas na forma de mapas, associadas a informações disponíveis num banco de dados, a ser modelado;
- Implementar o Sistema em área piloto localizada no litoral sul paulista, região de Cananéia, disponibilizando o produto obtido via *web*;
- Oferecer consistente apoio, através do Sistema a ser estruturado, ao gerenciamento costeiro desta porção do litoral brasileiro, servindo de modelo para a implementação de sistemas semelhantes em outras regiões do país.

O projeto CT-PETRO envolve sete etapas:

- A. concepção do Sistema;
- B. desenvolvimento do Sistema;
- C. preparação das bases cartográficas em ambiente SIG;
- D. preparação do banco de imagens;
- E. implementação do Sistema em área piloto;
- F. revisão técnica;
- G. disponibilização dos dados.

Este projeto, desenvolvido em nível de graduação, atuou nos itens E e G propostos, ou seja a implementação do Sistema (no caso, dos dados referentes à área do Município de São Sebastião) e a disponibilização dos dados na *web*.

Além das etapas descritas acima, este projeto também buscou detalhar os métodos de remoção de óleo e derivados dos ambientes costeiros. Procurou-se na bibliografia as técnicas e equipamentos, assim como seus impactos sobre cada tipo de ambiente e buscou-se apontar os métodos indicados e contra-indicados para a limpeza em cada local.

A seguir, são explicadas as etapas efetuadas para a execução do presente projeto:

4.1. Revisão Bibliográfica

Essa foi uma etapa contínua do projeto. Os principais focos foram a caracterização dos ambientes costeiros e levantamento dos métodos de combate a eventos de derramamento de óleo. Além disso, foi buscado conteúdo específico sobre cartas SAO.

4.1.1. Caracterização dos ambientes costeiros existentes em São Sebastião

Sobre esse tema, as principais publicações consultadas foram o manual da CETESB de 2006, que descreve detalhadamente cada ambiente existente na costa brasileira, inclusive detalhando os níveis de sensibilidade de cada ambiente, e a publicação da NOAA de 1992, que é bastante completa nesse sentido. Além deles, consultou-se também PINCINATO (2007).

No município de São Sebastião existem seis tipos diferentes de ambientes: praia, costão rochoso, manguezal, planície de maré e terraços de baixa-mar, além de estruturas artificiais. A seguir, uma caracterização de cada um destes ambientes e os dados existentes sobre eles nas tabelas padronizadas pelo Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental.

4.1.1.1. *Costão rochoso*

Os costões rochosos são afloramentos de rochas na linha do mar, ou seja, possuem substrato consolidado (Figura 5). Originam-se da proximidade de estruturas cristalinas da linha de costa (LOPES et al., 2006). Os costões podem ser formados por paredões rochosos homogêneos ou por matacões e pedras roladas. O grau de heterogeneidade do substrato tem elevada influência na biota ali instalada. Costões com grande quantidade de refúgios e tocas são propícios a uma maior biodiversidade (LOPES et al., 2006). Da mesma forma, este tipo de costão dificulta as ações de limpeza, pois o óleo tende a penetrar nas fendas e buracos.

Os costões são divididos em três zonas: o **supralitoral** é a parte mais elevada, que recebe pouca influência das marés, sendo atingido pela água apenas pelos borrifos das ondas ou em marés excepcionalmente altas. O **mesolitoral** é a região que sofre maior variação no nível da água, estendendo-se do limite superior das marés altas até o limite inferior das marés baixas. Finalmente, o **infralitoral** é a parte que fica normalmente abaixo da linha d'água, ficando exposta apenas em marés extremamente baixas (LOPES et al., 2006). A extensão dessas regiões está intimamente ligada à declividade do costão (WIECZORECK, 2006). Quanto maior a declividade, menor a extensão destas faixas.

Os costões rochosos abrigam uma variedade muito grande de animais e plantas, podendo abrigar mais de uma centena de espécies em um único costão (LOPES et al., 2006). O mesolitoral e o infralitoral são os mais ocupados. A diversidade biológica de um costão depende do seu grau de exposição às ondas. Costões expostos possuem menor diversidade do que os costões abrigados, pois a força das ondas causa a mortalidade dos organismos mais frágeis (LOPES et al., 2006).



Fonte: PINCINATO, 2007.

Figura 5 – Costão na praia de Santiago, em São Sebastião.

4.1.1.2. *Manguezal*

Manguezais são ecossistemas de transição entre a terra e o mar, normalmente associados a fontes de água doce, como barras e deltas. Ocorrem em regiões costeiras abrigadas e, devido à baixa energia das ondas, são constituídos por substrato lamoso, muito fino (Figura 6). Possuem altos teores de matéria orgânica, e são considerados importantes geradores de serviços para as espécies marinhas, lacustres e estuarinas (CETESB, 2002).

Para existirem, manguezais requerem climas com altas temperaturas e precipitação. A temperatura média mensal mínima deve ser superior a 20°C e a amplitude térmica anual não deve ultrapassar 5°C (LOPES *et al.*, 2006). A alta taxa de precipitação é necessária devido à renovação da água doce no ambiente, o que evita o acúmulo de sais e forma cursos d'água que abastecem o manguezal com nutrientes e sedimentos (CETESB, 2002).

Os manguezais funcionam como berçários para diversas espécies, principalmente de peixes, aves e crustáceos. Uma grande variedade de espécies animais da região costeira depende desse tipo de ecossistema em algum estágio de seu desenvolvimento (LOPES *et al.*, 2006). Devido a essa grande importância ecológica, o artigo 2º da Lei Federal 4.771/65, que institui o Código Florestal, eleva os manguezais a Áreas de Preservação Permanente (BRASIL, 1965). A Resolução CONAMA 004/85 determina que os manguezais sejam Reserva Ecológica “em toda a sua extensão”, conforme o artigo 3º (BRASIL, 1985).

Os manguezais podem ser classificados em cinco tipos, com base nos padrões de maré locais, drenagem da superfície terrestre e espécies de mangue, tais como: bosque de franja, de bacia, de ilhote, ribeirinho e anão (LOPES *et al.*, 2006). Não é objetivo deste trabalho

aprofundar-se na estrutura florística de cada ambiente, mas cabe destacar que cada qual desses tipos de bosques apresenta diferentes vulnerabilidades ao óleo.

Devido à grande variedade biológica das espécies, ao baixo grau de exposição às ondas e à importante função que exercem na natureza, os manguezais recebem o índice de sensibilidade ao óleo 10, ou seja, a maior sensibilidade do índice (BRASIL, 2004).



Fonte: PINCINATO, 2007.

Figura 6 - Manguezal na praia de Barra do Saí

4.1.1.3. *Planície de maré e terraço de baixa-mar*

Quando a zona entremarés de uma praia é formada por partículas finas e torna-se muito extensa (da ordem de dezenas de metros), esta se encaixa em uma nova categoria de ambiente. Estes locais, dependendo de algumas características, são chamados de planícies de marés ou terraços de baixa-mar (BRASIL, 2004). São locais de baixa declividade, que ficam expostos na maré baixa e são protegidos da ação de ondas fortes (NOAA, 1992). Na área de estudo, esses ambientes se formam principalmente em zonas de sotamar, abrigadas das ações diretas das ondas, resultando no predomínio do processo deposicional (PINCINATO, 2007). Na parte mais ao norte do município, encontra-se a planície de maré arenosa da Enseada de Caraguatatuba, a maior do estado de São Paulo, mostrada na Figura 7. Em outros pontos do município, existem diversos terraços de baixa-mar, alguns arenosos, outros lamosos e alguns ainda formados por pequenos seixos (Figura 8). Destes, o maior deles é o existente na Ponta do Araçá, de grande biodiversidade, e que atualmente encontra-se ameaçado pela ampliação do porto comercial de São Sebastião.



Fotos: Geraldo Nascimento, 2008.

Figura 7 – Planície de maré da praia da Enseada.



Fonte: PINCINATO, 2007.

Figura 8 – Terraço de baixa-mar da praia da Figueira, de característica seixosa.

4.1.1.4. Praia

Praias são ambientes costeiros de transição contíguos aos mares, oceanos, estuários e outros corpos hídricos, formadas basicamente de material inconsolidado, normalmente areias, que podem ser finas, médias ou grossas (Figura 9). Podem ser compostas também por silte ou argila, cascalhos, matacões, conchas de moluscos, restos de corais e algas calcárias, etc. (LOPES *et al.*, 2006).

A fisiografia de uma praia está intimamente ligada ao regime de ondas ao qual está submetida. Praias com alto grau hidrodinâmico tendem a ser formadas por sedimento de maior granulometria, devido à energia destas ondas, que conseguem arrastar estes grãos. Como consequência, esse tipo de praia geralmente apresenta maior declividade. Esse tipo de praia é chamado de **reflexiva** (SUGUIO, 1992). Ao contrário, praias mais abrigadas, com menor exposição às ondas, tendem a ser menos inclinadas e a serem formadas por material

mais fino. Estas são conhecidas como praias **dissipativas** (SUGUIO, 1992). A transição entre esses dois tipos recebe o nome de praia **intermediária**. Portanto, existe uma relação direta entre declividade e granulometria: quanto mais grosso o grão do sedimento, mais inclinada é a praia. Logo, quando se observa o perfil de uma praia, é possível determinar o tipo de sedimento e inferir sobre os aspectos biológicos e o comportamento do óleo naquele local (LOPES *et al.*, 2006).

É importante ressaltar que as praias apresentam variações sazonais que podem ser muito acentuadas em sua fisiografia e granulometria. Trabalhos de LIMA (2007), WIECZORECK (2006) e PINCINATO (2007) mostraram como existem variações entre os perfis das praias durante os meses de verão e de inverno. Essas diferenças se devem principalmente à variação climática entre os dois períodos. No inverno, as praias tendem a ficar mais inclinadas, pois a ação de frentes frias no mar faz com que a energia com que as ondas atingem a praia aumente, o que causa transporte de sedimentos da praia para o mar, onde ficam depositados em bancos de areia ao longo da costa. Esse período é chamado de **destrutivo** ou **erosional**. Já no verão, quando as massas de ar causam menos tempestades, a ação das ondas é menos intensa. Esses períodos são chamados de **construtivos**.

A praia pode ser dividida em regiões, na direção água-terra. Souza (2005) divide o sistema praial em pós-praia, estirâncio e face litorânea (Figura 10).



Foto: Clara Nascimento, 2008.

Figura 9 – Praia de Guaecá.

A pós-praia é a região que vai do sopé de uma falésia, duna, barranco ou região permanentemente vegetada até o nível de maré alta. Essa região raramente é atingida pelo efeito das ondas. O estirâncio (ou zona entremarés) se estende do nível de maré alta até o nível de maré baixa, e é a zona mais rica biologicamente. A face litorânea é a região que vai do nível de maré baixa até o nível de base de ação das ondas, e apresenta-se permanentemente afogada (SOUZA, 2005).

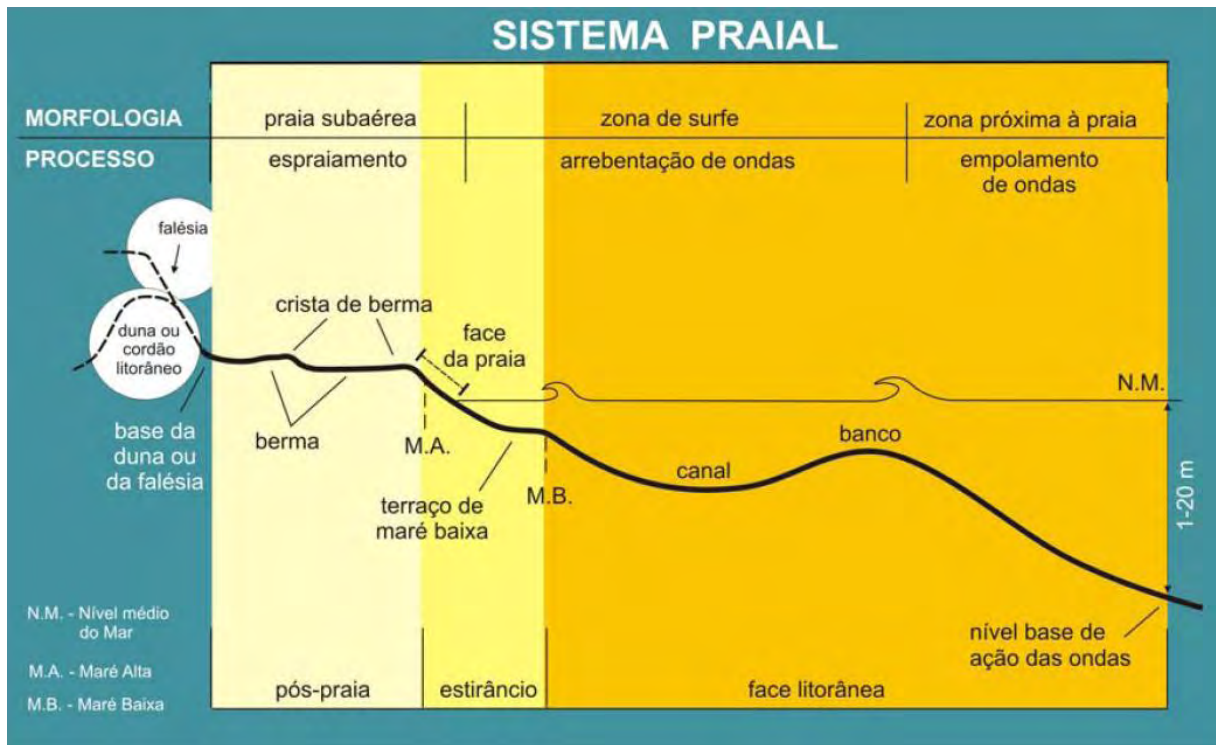


Figura 10 – Compartimentação de uma praia. Fonte: SOUZA, 2005.

4.1.1.5. Estruturas artificiais

As estruturas artificiais abordadas neste trabalho compreendem obras realizadas pelo homem para atender a alguma necessidade em relação a corpos hídricos. Podem ser píeres, cais, enrocamentos, rampas, pilares, etc. (Figura 11). Podem ser divididas em dois tipos: lisos e heterogêneos. As lisas são estruturas únicas, como paredões de concreto. As estruturas heterogêneas são as formadas por blocos, como os enrocamentos do tipo *rip-rap*. Estes últimos possuem armadilhas para o óleo e por isso são mais difíceis de limpar.

De um modo geral, a biota que se instala sobre as estruturas artificiais são as típicas de costões rochosos (LOPES *et al.*, 2006). Esse aspecto em conjunto com o tipo de substrato similar, faz com que as ações de limpeza sejam semelhantes para estruturas artificiais e costões rochosos.



Foto: Pedro Nascimento, 2008.

Figura 11 – Quebra-mar construído no porto de São Sebastião. À direita, balsa que faz a travessia São Sebastião – Ilhabela.

4.1.2. Métodos de combate a eventos de derramamento de óleo

Existe uma boa base bibliográfica em português sobre esse tema. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo – CETESB – possui duas importantes publicações sobre o tema. A primeira, de 2002, intitulada “Derrames de óleo no mar e os ecossistemas costeiros” é um guia completo sobre derrames de óleo, contendo capítulos sobre legislação, características dos tipos de óleos, técnicas de limpeza, ambientes costeiros e outros assuntos correlatos. A outra publicação, de autoria de Lopes, Milanelli e Poffo, datada de 2006, se intitula “Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza – manual de orientação”. Trata-se de obra compacta, que apresenta pela primeira vez os procedimentos de limpeza mais adequados para cada ambiente. Além disso, apresenta uma caracterização dos ambientes costeiros e das técnicas de contenção, remoção e limpeza e reserva um capítulo sobre o gerenciamento dos resíduos provenientes da limpeza.

Outra bibliografia consultada foi “An introduction to coastal habitats and biological resources for oil spill response”, publicação de 1992, da National Oceanic and Atmospheric

Administration – NOAA. Essa publicação é dividida em diversos capítulos, cada um trazendo informações sobre os ambientes costeiros, o óleo e seu comportamento nos ambientes, recursos biológicos, etc.

Existem dezenas de técnicas e equipamentos para a remoção do óleo do ambiente. Algumas são muito eficientes na remoção do óleo, porém causam um impacto significativo sobre a biota local; outras removem o óleo mais lentamente ou em quantidades menores, mas são menos agressivas com o meio. A escolha das melhores técnicas de remoção irá depender de muitos fatores, já que cada acidente é único em termos de localização, condições ambientais, características do óleo, disponibilidade de recursos materiais e humanos, etc. (CETESB, 2002).

É verdade que não há uma solução simples para um evento envolvendo derramamento de óleo no mar. Contudo, é possível determinar, com base em algumas características de cada segmento litorâneo, as técnicas mais apropriadas para aquele local e as técnicas que definitivamente não devem ser utilizadas. Essas características são, principalmente, três: **tipo de ambiente costeiro, utilização antrópica do ambiente e infra-estrutura de apoio à resposta a derrames.**

Um segmento é um trecho do litoral de mesmas características físicas (por exemplo, uma praia). A utilização antrópica do segmento é um fator importante, já que mariculturas, atividades turísticas e de lazer, pesca artesanal e recursos culturais podem ser altamente afetados pelas ações de limpeza. Do mesmo modo, algumas demandas socioeconômicas, como, por exemplo, a exploração turística, podem exigir uma remoção mais rápida do óleo do ambiente. Essas interações serão analisadas mais adiante.

A infra-estrutura de apoio abrange acessos terrestres, áreas de manobra e de estacionamento, áreas cobertas, píeres e atracadouros, etc. Essas estruturas, quando existentes, dão suporte às ações de combate, muitas vezes permitindo que uma técnica ou equipamento seja utilizado. Do mesmo modo, a falta de acesso a um costão, por exemplo, inviabiliza algumas ações que poderiam ser tomadas naquele local.

Como já frisado, existem muitas formas de limpeza na retirada de óleo do ambiente, e a escolha da técnica a ser utilizada é crucial para a minimização dos danos ecológicos nos ambientes atingidos. Infelizmente, os procedimentos empregados têm sido definidos, principalmente, com base apenas na demanda sócio-econômica e em aspectos estéticos (CETESB, 2002). No mundo inteiro, a cultura do “quanto mais rápida a limpeza, melhor” tem imperado nas ações de limpeza, ou seja, métodos que viabilizem a rápida remoção do óleo e deixem o ambiente visualmente “limpo” têm tido preferência de uso (LOPES *et al.*,

2006). Normalmente, para o poder público de uma cidade turística atingida por um vazamento em uma época de alta temporada, o melhor método de limpeza é aquele que remova todo o óleo visível em menor tempo, independente do impacto causado por essa técnica. Para o órgão ambiental, entretanto, um procedimento de limpeza eficiente “é aquele que possibilita a remoção do contaminante, com mínimos impactos adicionais ao ecossistema atingido e que favoreça a recuperação do ambiente no menor tempo possível” (LOPES *et al.*, 2006).

Os procedimentos de resposta ao derrame de óleo no mar podem ser divididos em três categorias: as ações de contenção, ações de remoção do óleo e as ações de limpeza. Em um primeiro momento, as prioridades são a contenção e a remoção do óleo enquanto no mar. Se estes procedimentos forem bem executados, previne-se que a costa necessite de limpeza (LOPES *et al.*, 2006). Apesar disso, todos os recursos, a logística, os procedimentos de limpeza e as frentes de trabalho para a limpeza da costa precisam estar definidos, organizados e mobilizados desde a fase inicial da emergência (LOPES *et al.*, 2006), afinal, a capacidade efetiva de resposta aos derramamentos de óleo depende diretamente (entre outros fatores) da rapidez e eficiência no acionamento das equipes de atendimento (CETESB, 2002).

Quando a mancha atinge as regiões costeiras, é fundamental que, antes de se iniciarem os procedimentos de limpeza da costa, ao menos a maior parte do óleo presente nas águas próximas ao local atingido seja removido ou contido. Sem esse cuidado, os procedimentos de limpeza terão de ser repetidos a todo instante, pois o óleo presente na água poderá contaminar o local inúmeras vezes, o que acarretaria em um desperdício desnecessário de tempo, mão de obra e dinheiro (LOPES *et al.*, 2006). Outro ponto importante é que os gestores e suas equipes estejam cientes de que é impossível remover 100% dos resíduos do ambiente afetado.

A seguir serão expostas algumas das principais técnicas e equipamentos utilizados na contenção e na remoção de óleo e derivados.

4.1.2.1. *Ações de contenção*

As ações de contenção têm como área de ação as águas marinhas ou ambientes fluviais. Visam impedir o avanço da mancha de óleo ou concentrar a mesma, tornando mais fácil o manejo da substância oleosa. Além disso, podem evitar que a mancha atinja a costa, ou então podem direcionar a mesma para áreas de sacrifício. As ações de contenção não são métodos de limpeza e devem ser utilizadas sempre que as condições permitirem. Não existem contra-indicações para métodos de contenção, devendo os mesmos apenas serem escolhidos de forma adequada para cada ocasião.

O principal equipamento de contenção são as barreiras. Existem diversos tipos de barreira, que devem estar adequados para cada situação. Em locais protegidos como baías e estuários, podem ser utilizadas barreiras menos robustas (Figura 12 – b), enquanto que para águas oceânicas são indicados equipamentos de maior dimensão. Em locais de baixa lâmina d'água, como barras de rios, pode-se utilizar barreiras especiais como a mostrada na Figura 12 – a, que apresentam dois compartimentos, o inferior preenchido com água e o superior preenchido com ar, o que confere estabilidade quando depositadas em local seco, além de impedir que o óleo passe por baixo da barreira (LOPES *et al.*, 2006).



a – Fonte: LOPES *et al.*, 2006.



b – Fonte: www.hidroclean.com.br

Figura 12: Exemplos de barreiras

Apesar da grande variedade de barreiras, todas podem possuir basicamente os mesmos componentes, como mostrado na Figura 13 (CETESB, 2002):

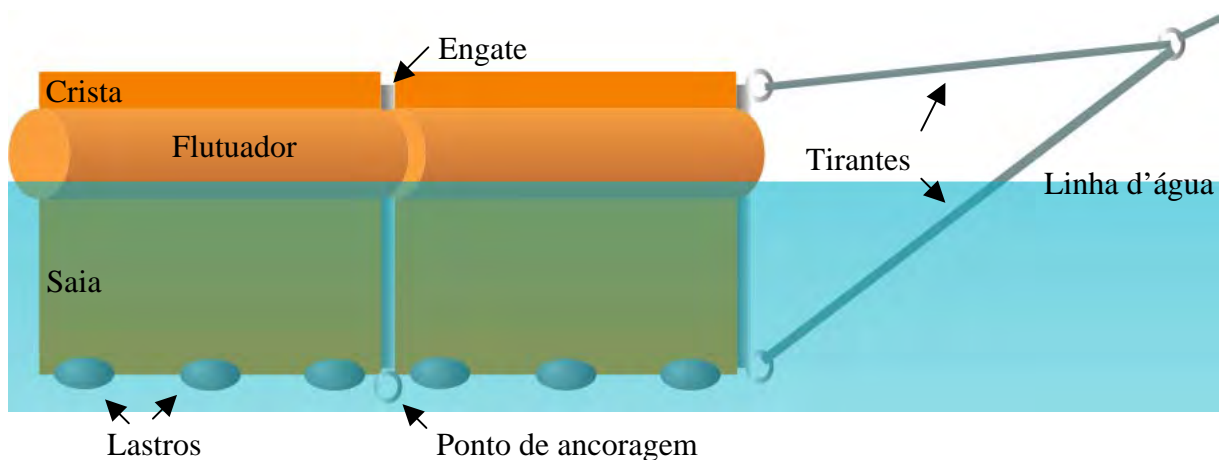


Figura 13 – Componentes básicos de uma barreira

Os flutuadores podem ser preenchidos com ar, espumas plásticas, cortiça, etc. Sua finalidade é manter a barreira em sua orientação correta e fornecer borda livre para minimizar a fuga de óleo sobre a barreira. Sobre ele, a crista tem a mesma finalidade. Esta pode existir ou não em uma barreira. Abaixo do flutuador, totalmente imersa na água fica a saia, que evita a passagem do óleo por baixo da barreira. Para manter a saia estendida, utilizam-se lastros, que são pesos com a função de manter as barreiras na vertical. O engate serve para conectar diversos lances de barreiras, para que se obtenha a extensão desejada. Nos pontos de ancoragem é possível conectar uma poita ou uma âncora, para evitar que a barreira se mova, caso isso seja desejado. Por fim, os tirantes prendem as extremidades da barreira em locais fixos, como postes e estacas, ou móveis, como em embarcações.

Os principais tipos de barreira existentes são os seguintes (CETESB, 2002):

- Barreiras de cortina

É o tipo mais comum de barreiras. Possuem boa maleabilidade para reboque e confiabilidade em mar encapelado. Podem ter flutuadores sólidos ou ser infláveis. Como desvantagens, o grande volume que ocupam quando armazenadas e a baixa resistência à abrasão (Figura 14).



Fonte: www.hidroclean.com.br



Fonte: www.cetesb.sp.gov.br

Figura 14 – Exemplos de barreiras de cortina.

- Barreiras tipo cerca

São fabricadas com material rígido ou semi-rígido, o que confere a elas uma boa resistência à abrasão (Figura 15). Oferecem uma grande confiabilidade em águas mansas, devido à grande borda livre que apresentam, podendo reter grandes quantidades de óleo. Além disso, são fáceis de manusear e de armazenar, ocupando um volume relativamente pequeno. Porém, apresentam pouca confiabilidade sob condições de fortes ventos e correnteza, baixa eficiência em ondas e baixa resistência à tração.



Fonte: www.hidroclean.com.br



Fonte: LOPES *et al.*, 2006

Figura 15 – Exemplos de barreiras tipo cerca.

- Barreiras absorventes

Esse tipo especial de barreira é constituído de um material permeável preenchido com algum tipo de material absorvente. Usualmente são associadas a outros tipos de barreiras, pois não possuem alta resistência (Figura 16). São utilizadas em locais de baixa velocidade de corrente e para conter filmes finos de óleo. O absorvente interno pode ser natural ou sintético, e deve ser hidrofóbico (repelir-se da água) e oleofílico (possuir afinidade com materiais oleosos). Alguns exemplos são mostrados na Figura 17.



Fonte: LOPES *et al.*, 2006.

Figura 16 – Barreiras absorventes associadas a barreiras de cortina.



Fonte: www.agsambiental.com.br



Fonte: www.tecniquitel.pt

Figura 17 – Exemplos de barreiras absorventes.

- Barreiras de praia

São barreiras utilizadas em situações nas quais o óleo está próximo da terra (Figura 18). São formadas por uma estrutura flutuante (normalmente inflável) e duas câmaras de lastro, preenchidas com água. Durante a maré alta, a barreira comporta-se normalmente, barrando o óleo contaminante em sua porção superior. Quando a maré abaixa, as câmaras de lastro assentam-se no substrato, impedindo que o óleo passe por baixo da estrutura. Podem ser utilizadas nos extremos das barreiras de contenção.



Fonte: www.hidroclean.com.br



Fonte: www.esphera.com.br

Figura 18 – Exemplos de barreiras de praia.

- Barreiras à prova de fogo

São barreiras revestidas por material anti-chamas e com alimentação de água, que ajuda a impedir a propagação do fogo. Esse tipo de barreira é empregada para conter manchas com baixo ponto de ignição, ou seja, alto risco de se incendiar. Outra utilização é concentrar manchas para posterior queima intencional (queima *in situ*).

- Barreiras de bolhas

A barreira de bolhas não é formada por uma estrutura física, e sim pela injeção de ar em uma tubulação perfurada normalmente apoiada sobre o substrato. O ar sair pelos furos na forma de bolhas, que formam um fluxo ascendente em direção à superfície, impedindo a mancha de óleo de passar pela cortina de bolhas. Funciona muito bem com correntes de até 0,7 nós. Sua principal aplicação é em locais onde o tráfego marítimo não pode ser impedido

- Pompons

Não são exatamente barreiras de contenção, mas podem ser dispostos de forma linear, de modo a absorver o óleo que se aproximar. Possuem elevada taxa de absorção (até sessenta vezes o seu peso). As cordas de pompons podem ser estendidas ao longo do ambiente contaminado, impedindo que o óleo que se desprende do local retorne ao oceano (Figura 19).



LOPES *et al.*, 2006

Figura 19 – Linha de pompons instalada próxima à costa.

Ainda sobre barreiras, algumas técnicas devem observadas na sua disposição (adaptado de CETESB, 2002):

- Não lançar de alturas superiores a dois metros;
- Não lançar a barreira torcida;
- Efetuar os engates antes do lançamento;
- Não arrastar no solo.

4.1.2.2. Ações de remoção

Uma vez contido, o óleo precisa ser removido do local. Para isso existem também diversas técnicas e equipamentos, que podem ser divididos em processos físicos, químicos e biológicos (CETESB, 2002):

- **Processos físicos**

- Esteira recolhedora

Essas esteiras normalmente estão instaladas dentro de uma barça recolhedora (Figura 20). Essa embarcação trata-se de um uma balsa com um tanque de capacidade elevada (20 m³) para o armazenamento do óleo sobrenadante. A esteira é rotativa e formada por placas de borracha, que empurram o material contaminante para dentro do tanque. Posiciona-se a esteira paralelamente à superfície da água, e então, através do movimento, o óleo é levado para a caixa de armazenagem (CETESB, 2002). Essas barças possuem baixo calado, podendo navegar em locais rasos, e o sistema possui eficiência de até 100 m³/h (LOPES *et al.*, 2006).



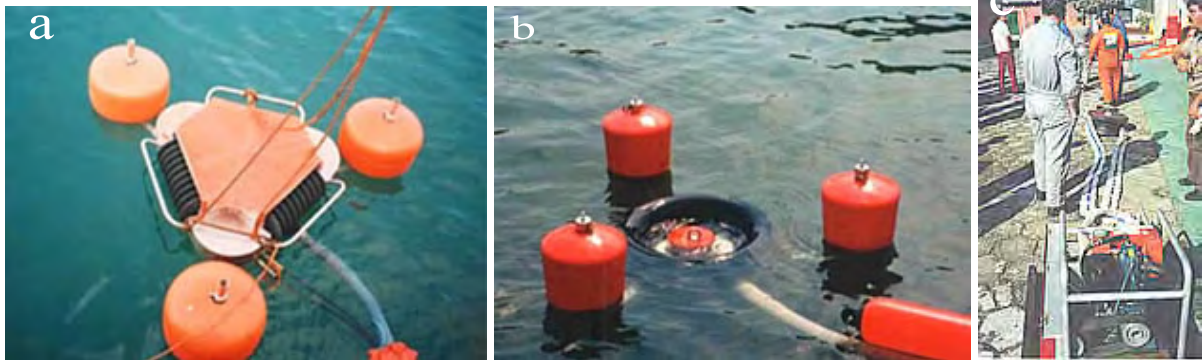
Fonte: www.cetesb.sp.gov.br

Figura 20 – Barça munida de esteira recolhedora.

- Skimmers

São equipamentos flutuantes que trabalham dentro da mancha de óleo, capturando o óleo sobrenadante por adesão ou sucção. O skimmers de adesão podem ser de disco ou de fita. O de disco (mostrado na Figura 21 – a) funciona com discos oleofílicos giratórios, que capturam o óleo e raspam-no para dentro de um compartimento. Os de fita funcionam com uma corda oleofílica, que gira a baixa velocidade, impregnando-se de óleo, que depois é espremido para dentro do compartimento reservatório (Figura 21 – c). Estes skimmers possuem a vantagem de serem altamente seletivos, gerando poucos resíduos. A desvantagem é a eficiência, normalmente baixa.

Os skimmers do tipo vertedouro (Figura 21 – b) funcionam por sucção, fazendo com que uma fina camada de água e óleo entre no aparelho e seja sugada para um tanque de estocagem. A grande vantagem é a eficiência. A desvantagem é a grande quantidade de resíduo oleoso gerado (LOPES *et al.*, 2006).

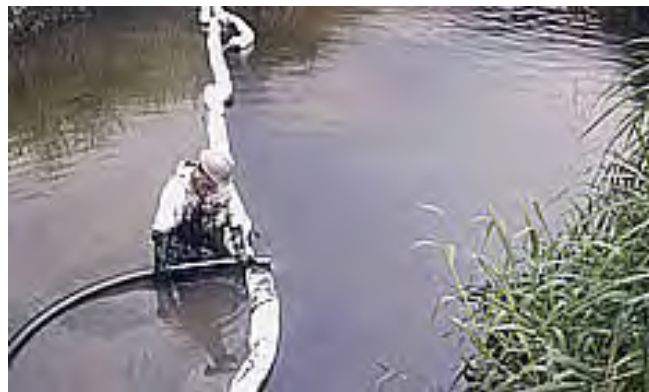


a, b - Fonte: www.hidroclean.com.br. c - Fonte: www.cetesb.sp.gov.br

Figura 21 – Exemplos de skimmers.

- Sucção

A remoção a vácuo é uma boa opção em termos de eficiência. Porém, pode ser utilizada apenas quando a mancha está concentrada próxima à costa, devido ao alcance do sistema (LOPES *et al.*, 2006). Os caminhões recolhedores (*vacuum trucks*) são boas opções, pois associam alta capacidade de armazenamento com a mobilidade para o transporte do resíduo. A desvantagem é a necessidade de haver acesso fácil ao local, o que nem sempre é possível (CETESB, 2002). Nesses casos, pode ser utilizada uma bomba sobre uma embarcação. Essa técnica pode ser utilizada em poças de óleo, assim como em ambientes fluviais quando o óleo estiver contido (Figura 22).



Fonte: www.cetesb.sp.gov.br

Figura 22 – Remoção a vácuo de óleo contido em barreira absorvente.

- Afundamento

O afundamento do óleo é realizado adicionando agentes sobre a mancha de óleo. Esses materiais podem ser areia, cinzas, argila, cimento, etc. O material se agrega ao óleo e o arrasta para o fundo. Portanto, não é uma técnica de remoção, na verdade, trata-se apenas de um meio de “sumir” com o óleo visível. Os resultados são meramente estéticos, já que, no fundo, o óleo continua contaminando o ambiente. Além disso, o óleo pode se desprender do fundo posteriormente, tornando aquela região um foco de contaminação. Outra desvantagem está na baixa disponibilidade de oxigênio e luz solar próximo ao substrato, o que faz com que a degradação natural do resíduo seja prejudicada. Em suma, é uma técnica que deve ser evitada.

- **Processos químicos**

- *Queima in situ*

Consiste na queima controlada do óleo na superfície do mar. É uma boa opção para remoção do óleo, chegando a remover até 99% do óleo (CETESB, 2002). Deve ser utilizada nas fases iniciais do derramamento, quando os componentes inflamáveis do óleo ainda não foram volatilizados. É recomendada principalmente quando o vazamento ocorreu em alto mar.

É uma técnica altamente questionável, já que a quantidade de matéria lançada na atmosfera é muito grande (Figura 23). A queima gera, além do material particulado, dioxinas, aldeídos e dióxido de carbono entre outros componentes. Alguns países como o Canadá afirmam que a queima se trata do método mais efetivo, enquanto outros, como a África do Sul, recomendam que essa seja a última opção em um evento de derrame de óleo (CETESB, 2002).



Fonte: library.thinkquest.org

Figura 23 – Queima *in situ* sendo executada.

- Agentes gelatinizantes

Agentes químicos lançados sobre a mancha que aumentam a polimerização das moléculas de hidrocarboneto. Dependendo da concentração do óleo, este pode adquirir uma característica viscoelástica, mas mantendo-se fluídico, o que facilita o manejo do mesmo. Da mesma forma, aprisiona dentro da massa oleosa as porções voláteis do material, fazendo com que a remoção seja praticamente total (NOAA, 1992). Os agentes gelatinizantes são produtos químicos caros e que necessitam de muito cuidado no armazenamento. Após a aplicação, deve-se retirar o óleo mecanicamente de forma rápida, ou parte do óleo poderá voltar ao meio (CETESB, 2002).

- Agentes aglutinantes

O intuito dos agentes aglutinantes é inibir o espalhamento do mesmo pela água. Devem ser aplicados ao redor da mancha, que quando entra em contato com o produto, repele-se. Com a área da mancha reduzida, sua retirada do ambiente é facilitada. As desvantagens são o preço elevado, por se tratar de um componente químico complexo, e os cuidados na aplicação, pois, se essa for feita de modo incorreto (ou em condições de mar muito agitado), a mancha pode se espalhar com maior velocidade (CETESB, 2002).

- Agentes dispersantes

Os dispersantes são produtos químicos que causam a fragmentação do óleo. Suas moléculas possuem uma extremidade hidrofílica e outra oleofílica. A extremidade oleofílica de diversas moléculas de dispersantes se junta a uma molécula de óleo, isolando-a das outras moléculas do produto e causando a dispersão da mancha (NOAA, 1992). O objetivo é dispersar a mancha, para que essa seja mais facilmente degradada naturalmente pelos microorganismos.

Os dispersantes já foram fabricados com componentes muito tóxicos à biota, mas os atuais (de terceira geração) são muito pouco tóxicos (CETESB, 2002). No Brasil, a utilização de dispersantes é permitida apenas em águas abertas, em alto mar.

• **Processos biológicos**

- Bioadição

A técnica de bioadição consiste na inserção de microorganismos consumidores de hidrocarbonetos no local do derramamento, com o intuito de acelerar a biodegradação do poluente. Após o consumo total do óleo, as bactérias tendem a morrer.

Essa técnica não deve ser aplicada em locais de baixa energia hidrodinâmica, pois a possibilidade do estoque de oxigênio acabar deve ser minimizada. Além disso, existem alguns produtos da degradação microbiológica que são tóxicos, e necessitam ser diluídos rapidamente (NOAA, 1992). Tem sido demonstrado que a bioadição não aumenta significativamente a taxa de degradação (CETESB, 2002).

- Bioestimulação

Um dos fatores limitantes da biodegradação é a disponibilidade de nutrientes. A bioestimulação age ao inserir estes nutrientes no ambiente (especificamente, nitrogênio e fósforo). Com a maior oferta de nutrientes, as bactérias tendem a se multiplicar mais rápido, consumindo também o óleo. Essa técnica tem se mostrado mais eficiente do que a bioadição (CETESB, 2002).

Também não deve ser aplicada em ambientes estuarinos e lênticos, pois a adição de nutrientes pode levar à eutrofização do local.

4.1.2.3. *Ações de limpeza*

Caso a mancha de óleo alcance a costa, alguma ação de limpeza terá de ser tomada para que haja a remoção do contaminante daquele ambiente. Como já citado, existem diversas técnicas de limpeza de ambientes costeiros. As principais são mostradas a seguir (LOPES, 2006 e NOAA, 1992).

- Remoção mecânica do sedimento

Quando o óleo penetra no substrato de ambientes costeiros, a maneira mais eficiente de remover o óleo é através da remoção mecânica do sedimento. É uma técnica muito eficiente e muito rápida de remover o óleo da região entremarés, e que não exige um contingente muito grande de pessoas.

Entretanto, essa faixa da costa – o mesolitoral – é a região que concentra a maior comunidade faunística no substrato. O tráfego de maquinário pesado nessa faixa (tratores e retroescavadeiras de roda e de esteira) é fortemente não recomendado por muitos autores, pois a compactação do substrato e esmagamento desses animais torna-se inevitável. Outro ponto negativo dessa técnica é a pouca seletividade das máquinas, que para remover a camada com óleo removem muito substrato limpo, gerando um volume de resíduos muito grande (Figura 24). E, inevitavelmente, junto com o substrato, grande parte da comunidade biológica é

também removida, já que a maior parte desta está concentrada a até 15 cm de profundidade (CETESB, 2002).

Além dos danos supracitados, o tráfego de máquinas na praia e a remoção de grandes volumes de sedimento reconfiguram fisiograficamente o ambiente. Essa descaracterização pode levar à intensificação dos processos erosivos, e, dependendo da granulometria do sedimento praiano, na época de construção da praia estes sedimentos podem não ser repostos, o que traria conseqüências imprevisíveis.

- Revolvimento do sedimento

Essa técnica consiste em soterrar um trecho afetado por óleo com sedimento limpo ou então revolver o sedimento impregnado, misturando-o com areia limpa. Do mesmo modo da remoção, essa técnica altera a fisiografia da praia, podendo acentuar processos erosivos de intensidade variada. Além disso, enterrado, o óleo tem sua degradação prejudicada pela menor oferta de oxigênio e luz solar.

Enterrar o óleo não significa garantia de que ele permanecerá enterrado. O ambiente de praia possui uma dinâmica muito intensa, com períodos de construção (depósito) e períodos de destruição (com erosão intensa). Devido a essa dinâmica, o óleo pode voltar à superfície tempos depois de o processo de limpeza ter sido concluído, tornando aquele ambiente um foco de contaminação.



Fonte: LOPES *et al.*, 2006

Figura 24 – Remoção mecânica de sedimento, gerando grande quantidade de resíduo.

É importante frisar que o recobrimento do óleo com sedimento também acontece de forma natural, caso o derrame ocorra no período construtivo da praia. Em pouco tempo, o ambiente é capaz de cobrir o óleo com uma fina camada de areia fina. Ao gestor, portanto, torna-se importante conhecer o período em que a praia se encontra.

- Trincheiras

A finalidade das trincheiras é capturar o óleo percolado em subsuperfície, fazendo com que o mesmo escorra para dentro de valas cavadas no local e se acumule nelas. Assim, torna-se fácil retirar o óleo por meio de sucção à vácuo. Essa técnica deve ser utilizada quando grande parte do óleo penetrou no solo. Para utilizar essa técnica, o óleo deve ter baixa viscosidade, para que possa fluir horizontalmente entre os grãos do solo.

- Utilização de absorventes

Os absorventes são materiais oleofílicos que podem ser aplicados sobre a mancha ou sobre o ambiente contaminado (Figura 25). O material absorve o óleo, tornando mais fácil seu recolhimento. São muito eficientes do ponto de vista ecológico, já que, se corretamente utilizados, causam mínimos impactos. Os absorventes são especialmente eficientes quando há pouco óleo a ser retirado do ambiente, ou seja, são recomendados em fases posteriores da limpeza, após a remoção da maior parte do contaminante. Importante frisar que o material absorvido deve ser recolhido após o uso, independente de sua origem.

Existem dois tipos básicos de materiais absorventes: os sintéticos e os naturais. Os sintéticos possuem alto poder de absorção (até setenta vezes seu peso), e são feitos de poliuretano, polietileno e polipropileno e outros polímeros. Possuem baixíssima capacidade de biodegradação, devendo ser removidos totalmente do ambiente após o uso. Os absorventes naturais podem ser minerais ou orgânicos. Dentre os minerais, destacam-se os produzidos à partir de calcário, sílica, argilas, permutita e vermiculita. Quando se agregam às moléculas de óleo, tendem a afundar, o que faz com que seu recolhimento seja dificultado. Apresentam ótimo desempenho se utilizados em locais de pouca profundidade ou sobre superfícies contaminadas. Já os absorventes orgânicos são geralmente derivados de plantas. As turfas vegetais ter sido muito utilizadas no Brasil, pois apresentam muitos aspectos positivos, como biodegradabilidade, boa fluatibilidade, ausência de toxicidade e boa eficiência. Além disso, caso esse material não seja recolhido, ajuda na biodegradação do agregado absorvente-óleo.

Além destes materiais industrializados, existem outras opções, que podem ser utilizadas na ausência de um absorvente adequado em situações emergenciais. Cortiça, palha,

feno, bagaço de cana-de-açúcar e casca de coco, entre outros, podem ser utilizados como material absorvente. Como sua capacidade de absorção é limitada, o ideal é construir almofadas, barreiras e travesseiros com estes materiais.



Fonte: www.cetesb.sp.gov.br

Figura 25 – Funcionários aplicando absorventes granulados na praia.

- Jateamento

O jateamento trata-se de uma técnica que utiliza jatos de água pressurizados para a remoção de óleo de substratos consolidados, como costões rochosos e estruturas artificiais (Figura 26). Possui elevada eficiência de remoção, que varia de acordo com a pressão do jato. Pressões abaixo de quinhentas PSI são consideradas baixas e acima de mil PSI, altas. Quanto mais viscoso ou intemperizado o óleo estiver, maiores as pressões necessárias para sua remoção.

O princípio do jateamento é a utilização da força mecânica da água sob pressão para vencer a viscosidade do óleo sobre o substrato. Porém, o jato de água não distingue entre o contaminante e a biota fixada, removendo muitas vezes grande parte da fauna e da flora instaladas sobre o substrato. Por isso, o jateamento deve ser evitado na zona entremarés, região com alta diversidade de espécies. Como já dito, o jateamento é uma eficiente técnica na remoção do contaminante, porém a biota removida demora muito tempo para se restabelecer, e o equilíbrio de todo o ecossistema fica prejudicado.

É importante frisar que em conjunto com o jateamento, uma técnica de recolhimento deve estar associada. Se esse recolhimento não for feito, o óleo jateado volta para a água, onde poderá interferir no ecossistema local.

O jateamento pode ser feito com água quente ou fria, doce ou salgada, e até mesmo algumas substâncias químicas, como surfactantes, podem ser utilizadas conjuntamente. Outra

variação dessa técnica é o jateamento com vapor, no qual se associa a pressão mecânica com altas temperaturas. A idéia é liquefazer o óleo para posterior recolhimento. Essa técnica, porém, além de remover a biota sésil, esteriliza o ambiente, que necessita de muito mais tempo para retomar o equilíbrio.



Fonte: LOPES *et al.*, 2006.

Figura 26 – Jateamento de costão rochoso sendo executado.

- Lavagem com água corrente

Técnica altamente recomendável para costões e estruturas artificiais, que causa poucos impactos à biota. Deve ser efetuada logo após a chegada da mancha ao local, quando esta ainda se encontra fluídica, pois caso a mancha se intemperize e adira ao substrato, torna-se impossível sua remoção com água corrente. Outra precaução que deve ser tomada é em relação ao recolhimento do óleo que se desprender devido à lavagem.

- Remoção manual

Trata-se da remoção criteriosa do óleo do ambiente, utilizando para isso materiais simples, como rodos de madeira, pás, carrinhos de mão, esfregões, etc. (Figura 27). É uma das técnicas mais trabalhosas e demoradas, mas que trazem o melhor resultado em relação aos impactos causados. Além disso, propicia o acesso a fendas nas rochas e outros locais nos quais a remoção mecânica é impossibilitada (Figura 28). Pode ser efetuada em todos os ambientes, mas é especialmente recomendada em locais de alta sensibilidade, como manguezais, bancos de lama e planícies de maré. Nestes ambientes, porém, a restrição fica

por conta do trânsito de pessoas sobre o substrato, que se for intenso, pode causar graves danos à biota.



Fonte: LOPES *et al.*, 2006.

Figura 27 – Limpeza manual em praia.



Fonte: www.cetesb.sp.gov.br

Figura 28 – Limpeza manual em costão rochoso.

- Poda controlada

Quando a mancha de óleo atinge locais vegetados, uma técnica que trás bons resultados é o corte controlado da vegetação. Trata-se da remoção manual de partes do indivíduo vegetal que estão recobertas pelo contaminante (Figura 29). A remoção da planta inteira pode ser feita, mas não é recomendável. Os principais intuitos da poda são evitar que a planta recoberta de óleo torne-se um foco de contaminação e evitar a intoxicação da fauna daquele ambiente.



Fonte: LOPES *et al.*, 2006.

Figura 29 – Poda controlada da vegetação.

É necessário muito critério na utilização dessa técnica, pois a remoção indiscriminada da vegetação pode ser muito mais impactante do que a própria contaminação. Pode ser uma técnica interessante em cenários onde a época e a fisiologia das espécies atingidas favorecem a rápida recuperação do ecossistema. Por isso, torna-se importante que na equipe exista um especialista na área, como um ecólogo, botânico ou biólogo. Na escolha desse método, deve-se levar em conta também o tráfego de trabalhadores no local, pelo pisoteamento do substrato.

- Limpeza natural

Na natureza, todo material se renova. Com o óleo no ambiente funciona da mesma forma. A diferença é a velocidade da remoção do óleo, que de modo natural é mais lenta. No mar, o óleo se degrada por diversos fatores: pela ação das ondas, é espalhado e fragmentado; as bactérias presentes no ambiente consomem parte do óleo; processos físicos, como solubilização e volatilização agem sobre o contaminante; a luz ultra-violeta presente da insolação aumenta os níveis de oxigênio na mancha, oxidando-a; parte do óleo sedimenta, etc. A técnica da limpeza natural baseia-se em deixar que estes fatores intrínsecos do ambiente atuem sobre a contaminação, eliminando-a.

Sob o aspecto dos impactos causados, esse método é o que apresenta melhores resultados, pois nenhum impacto além da presença do óleo é adicionado ao ambiente. Se associado a outras técnicas pouco impactantes (bombeamento a vácuo, uso de absorventes e limpeza manual, por exemplo), o processo de degradação é acelerado, e os resultados aparecem de forma mais rápida. O método deve ser utilizado em locais de elevada hidrodinâmica, pois nestes a degradação natural é mais rápida

Porém, deve-se avaliar com cuidado a utilização dessa técnica. Caso o derrame ocorra em local próximo ao ambiente sensível, deve-se efetuar rapidamente a intervenção, pois de outra forma o óleo atingiria o ambiente ainda fresco, ou seja, ainda possuidor de sua fração mais tóxica (a volátil), e os organismos ali presentes entrariam em contato direto com essa substância de alta toxicidade. Além disso, em locais onde há grande trânsito de espécies na zona entremarés a técnica deve ser evitada.

Muitas vezes, a escolha dessa técnica para limpeza é muito mal recebida pela opinião pública, que espera ações mais concretas em relação ao acidente ocorrido. Contudo, a escolha desse método não deve ser entendida como negligência, pois é um método aceito e até recomendado pelos órgãos ambientais.

4.1.3. Métodos recomendados para cada ambiente

Conhecendo os ambientes costeiros e suas características e os métodos de limpeza e suas restrições, é possível apontar quais métodos são mais recomendados para cada ambiente. Nesse processo, é levada em conta a exequibilidade do método (por exemplo, não é possível jatear uma praia arenosa) e as repostas do ambiente em termos de alterações na estrutura ecológica. Assim, os métodos indicados que foram encontrados na literatura estão descritos no Quadro 1 para cada ambiente.

Como já exposto anteriormente, a escolha das melhores técnicas de limpeza para um segmento de costa específico vai depender de três fatores: tipo de ambiente, utilização antrópica e estruturas de apoio à resposta a derrames. Os dados de melhores técnicas para cada ambiente foram retirados do Quadro 1. Para obter dados sobre os usos socioeconômicos e sobre as estruturas de apoio (que incluem os acessos marítimos e terrestres), consultou-se a base de dados organizada na primeira parte do projeto. Nela, todos os segmentos estão caracterizados.

Para aqueles segmentos que não possuem alguma utilização socioeconômica ou estrutura de apoio, as melhores técnicas de limpeza definidas foram as descritas no Quadro 1, pois não há elementos que alterem as condições naturais do ambiente. Já para locais onde existem estruturas de apoio e/ou utilização socioeconômica, foi necessário determinar se estes elementos poderiam alterar em algo a proposição de melhores métodos do Quadro 1. Assim, decidiu-se que a extração de recursos naturais para subsistência seria um fator agravante, seguido de utilização turística e em seguida as atividades de lazer.

Quadro 1 – Métodos indicados para cada ambiente.

Ambiente	Subdivisão	Métodos recomendados
Costão rochoso	Costão abrigado	<ul style="list-style-type: none"> - Limpeza natural - Bombeamento a vácuo das poças - Remoção manual - Absorventes (granulados e barreiras) nas águas adjacentes - Lavagem com água corrente - Jateamento a baixa pressão
	Costão exposto	<ul style="list-style-type: none"> - Limpeza natural
Manguezal	Águas adjacentes	<ul style="list-style-type: none"> - Skimmers - Bombeamento à vácuo - Barreiras absorventes - Absorventes naturais granulados
	Interior dos bosques	<ul style="list-style-type: none"> - Limpeza natural - Aplicação de absorventes naturais com embarcações de baixo calado (caiaques, jet-sky, etc.)
Planícies de maré Terraços de baixa-mar		<ul style="list-style-type: none"> - Limpeza natural - Limpeza manual - Absorventes granulados naturais
Praia		<ul style="list-style-type: none"> - Limpeza natural - Limpeza manual - Absorventes granulados
Estruturas artificiais	Superfície lisa	<ul style="list-style-type: none"> - Barreiras absorventes - Jateamento (alta e baixa pressão) - Limpeza manual - Limpeza natural
	Superfície heterogênea	<ul style="list-style-type: none"> - Bombeamento a vácuo - Limpeza manual - Absorventes (almofadas, mantas, barreiras) - Jateamento (alta e baixa pressão) - Limpeza natural

Adaptado de LOPES *et al.*, 2006 e CETESB, 2006.

4.1.4. As cartas de sensibilidade ambiental ao óleo, sua origem e relevância

Em março de 1989 aconteceu o que é considerado por muitos autores como o pior evento de derramamento de óleo no mar: na baía de Prince William, no Alasca, o navio Exxon Valdez, da empresa petrolífera ExxonMobil, chocou-se contra um iceberg liberando mais de 41.600 m³ de óleo no oceano. Esse evento foi considerado catastrófico devido

principalmente ao local ocorrido: uma baía abrigada (que dificulta a dispersão do contaminante), com alta diversidade biológica.

Após esse incidente, os órgãos responsáveis pela regulação das atividades da indústria do petróleo a nível mundial tiveram que elaborar e estabelecer uma legislação internacional que traçasse diretrizes ambientais quanto às atividades de prospecção, transporte e armazenamento de petróleo e derivados (KETKAR, 2002). A principal delas foi a Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em Casos de Poluição por Óleo (OPCR 90), estabelecida pela Organização Marítima Internacional em novembro de 1990. O Brasil é signatário dessa convenção, que passou a vigorar em 1995 (CETESB, 2002).

No Brasil, a legislação mais específica é a Lei Federal Nº 9.966 de 28 de Abril de 2000 (Lei do óleo e substâncias nocivas – BRASIL, 2000). Essa lei estabelece os princípios básicos a serem obedecidos na movimentação de óleo e outras substâncias perigosas em instalações portuárias, plataformas e navios em águas brasileiras, e aplica-se às embarcações e plataformas (nacionais ou estrangeiras), portos e dutovias (CETESB, 2002). Esta mesma lei define que o órgão federal do meio ambiente consolidará os planos de contingência locais e regionais.

Uma vez que é impossível eliminar o risco de acidentes, é necessário estar preparado para o momento que isso ocorrer. Os planos de contingência tornam-se então instrumentos indispensáveis para qualquer organização. Estes planos possuem todas as diretrizes das ações a se tomar em caso de acidente, a fim de minimizar os impactos decorrentes deste. A promulgação da Lei 9.966/00 deu um impulso para a criação de tais planos. O Art. 7º determina que os portos organizados, as instalações portuárias, as plataformas e respectivas instalações de apoio disponham de Planos de Emergência Individual e Planos de Área (LOPES *et al.*, 2006).

Os principais objetivos de um plano de contingência são (adaptado de PEDROZO, 2002):

- definir responsabilidades;
- avaliar os custos e recursos para a resposta ao impacto;
- especificar uma estrutura de comando para o monitoramento da resposta;
- determinar a necessidade de um planejamento emergencial;
- determinar as respostas prioritárias, as fases e os procedimentos;
- estabelecer e fornecer os procedimentos de resposta à contaminação.

Fica claro então que o principal objetivo dos planos de contingência é agilizar a resposta para reduzir tanto quanto possível os danos ao meio ambiente. Para isso, o plano deve abranger os seguintes tópicos:

- a) estratégias de limpeza adequadas a cada tipo de ecossistema;
- b) disponibilidade de recursos materiais e equipamentos;
- c) oferta de mão-de-obra capacitada;
- d) gerenciamento dos resíduos gerados.

Dentro das estratégias de limpeza, é necessário se definir quais técnicas de limpeza serão empregadas. A bibliografia apresenta dezenas de equipamentos e técnicas para a remoção do óleo contaminante do ambiente. Contudo, em muitos casos estes métodos apresentam-se mais prejudiciais ao ambiente do que a própria presença do óleo, devido aos impactos que acarretam (LOPES *et al.*, 2006). Ao mesmo tempo, tecnologias muito impactantes podem trazer resultados excelentes no que diz respeito à remoção do óleo, trazendo o ambiente a seu estado inicial mais rapidamente. Portanto, a complexidade na gestão destes fatores demonstra a necessidade do planejamento antecipado das atividades de limpeza (LOPES *et al.*, 2006).

Outro ponto importante no preestabelecimento das operações de limpeza é a definição dos locais prioritários para atendimento. Os ambientes litorâneos são diferentes entre si, o que acarreta em diferentes graus de resposta a um evento de contaminação por óleo. Como exemplo, a chegada de uma mancha de petróleo a uma praia de areia grossa obviamente trará conseqüências muito diferentes daquelas trazidas caso essa mesma mancha atinja uma área de manguezal, ou um muro de quebra-mar artificial. E mesmo entre as praias de areia grossa há as suas diferenças: se for um local aberto, com alta circulação da água, o óleo permanecerá no ambiente por menos tempo do que numa praia localizada no interior de uma baía. Portanto, essas diferenças de comportamento do óleo em cada ambiente podem ser traduzidas como uma maior ou menor sensibilidade daquele ambiente ao óleo, o que exige uma maior ou menor rapidez nas ações de resposta. Um outro fator importante a ser considerado é o conceito de “zonas de sacrifício”, ou seja, ambientes mais fáceis de limpar e com recuperação mais rápida que poderiam ser utilizados para interceptar manchas de óleo que ameacem ambientes mais sensíveis e/ou de limpeza mais difícil (LOPES *et al.*, 2006). Concluindo, é necessária a classificação dos ambientes costeiros quanto à sua sensibilidade ao óleo.

Uma das primeiras classificações dos ambientes litorâneos em relação à sua sensibilidade ao contato com o petróleo foi apresentada por Gundlach e Hayes (1978). Tais autores propuseram a classificação levando-se em conta os fatores físicos dos ambientes que

controlam a permanência do óleo (WIECZOREK, 2006). De um modo geral, os autores levaram em conta na sua classificação dois fatores: exposição à energia das ondas e tipo de substrato. Em relação à exposição do local, o pensamento é intuitivo: locais com alto grau de movimentação da água, ou seja, alta exposição às ondas, fazem com que haja renovação da água permitindo que o óleo seja removido mais rapidamente, ao contrário de locais de remansos ou estagnados, como baías e lagoas. Quanto ao substrato, estes podem ser classificados como consolidados, como por exemplo costões rochosos, ou inconsolidados, como praias de areia ou cascalho. Em substratos consolidados, o óleo encontra maior dificuldade de penetrar, dada a pequena presença de interstícios. Nos substratos inconsolidados, a sensibilidade ao óleo é diretamente proporcional à granulometria: quanto maior a granulometria, maior a capacidade de penetração do hidrocarboneto e maior a sensibilidade do ambiente.

Portanto, segundo a proposição de Gundlach e Hayes (1978), os ambientes costeiros estariam classificados com os Índices de Sensibilidade Litorânea indicados no Quadro 2:

Quadro 2 – Classificação de Gundlach e Hayes (1978) dos ambientes litorâneos.

ISL	Ambientes
1	Costas rochosas expostas
2	Costas erodidas
3	Praias de areia fina
4	Praias de areia média
5	Planícies expostas
6	Praias de areia mista ou cascalho
7	Praias de areia grossa
8	Costas rochosas abrigadas
9	Planícies estuarinas abrigadas
10	Marismas e manguezais

Outros autores propuseram classificações diferentes, utilizando variáveis diferentes. Porém, em 2002, o Serviço Nacional de Administração dos Oceanos e da Atmosfera dos Estados Unidos (NOAA) estabeleceu um manual para a elaboração dos mapeamentos de sensibilidade a derrames de óleo, a fim de padronizar os mapas produzidos até então, utilizando a classificação proposta por Gundlach e Hayes (1978). No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente, baseado nas propostas da NOAA, elaborou em 2004 um documento oficial

visando padronizar a elaboração destes mapas, que ficaram conhecidas aqui como Cartas SAO (WIECZOREK, 2006).

Cartas SAO são mapas com a função de agilizar as operações de emergência relacionadas a acidentes envolvendo vazamento de óleo, através da definição das áreas prioritárias para resposta. Estas cartas trazem a identificação e classificação de áreas ambientalmente sensíveis ao contato com o óleo (LIMA, 2007), além de possuírem informações sobre a biota e as atividades socioeconômicas das áreas mapeadas. Com elas, é possível direcionar corretamente os recursos disponíveis e mobilizar adequadamente as equipes de contenção e limpeza (BRASIL, 2004). O Quadro 3 mostra os índices de sensibilidade adotados para os ambientes costeiros brasileiros, com as cores utilizadas.

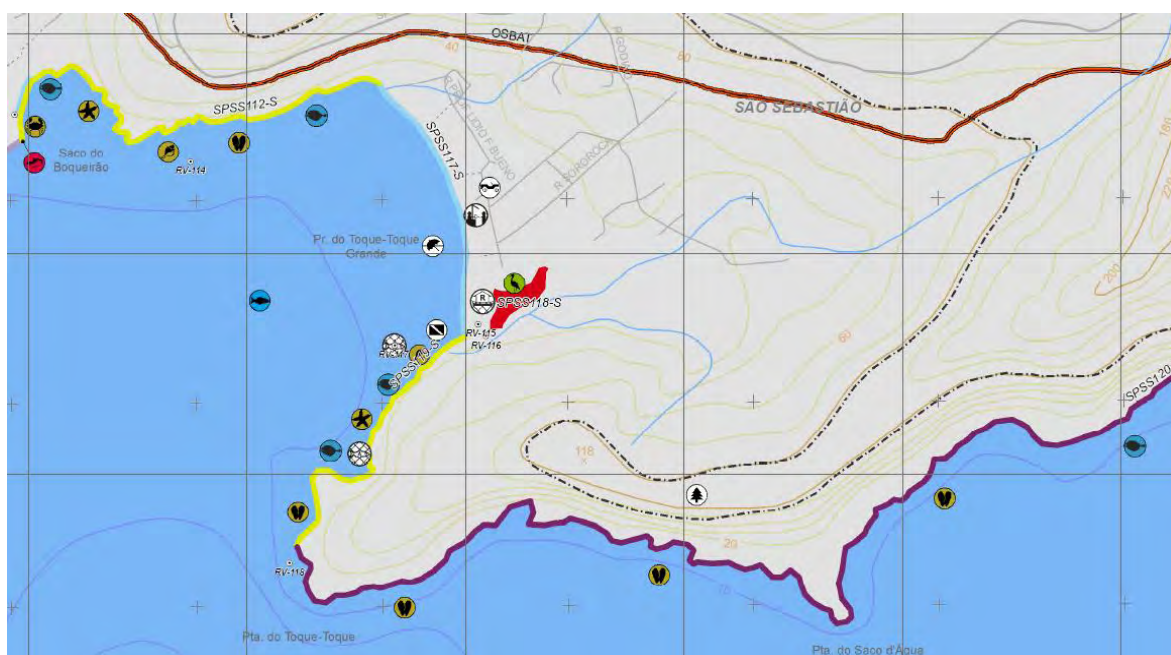
Quadro 3 - Índices de sensibilidade litorânea para os ambientes costeiros brasileiros.

Cor	ISL	Código			Tipos de costa
		R	G	B	
	1	119	38	105	<ul style="list-style-type: none"> • Costões rochosos lisos, alta declividade, expostos • Falésias em rochas sedimentares, expostas • Estruturas artificiais lisas, expostas
	2	174	153	191	<ul style="list-style-type: none"> • Costões rochosos lisos, declividade média a baixa, expostos • Terraços ou substratos de declividade média, expostos
	3	0	151	212	<ul style="list-style-type: none"> • Praias dissipativas de areia média a fina, expostas • Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ressaca • Escarpas e taludes íngremes. Expostos • Campos de dunas expostas
	4	146	209	241	<ul style="list-style-type: none"> • Praias de areia grossa • Praias intermediárias de areia fina a média, expostas • Praias de areia fina a média, abrigadas
	5	152	206	201	<ul style="list-style-type: none"> • Praias mistas de areia e cascalho ou conchas e fragmentos de corais • Terraço de superfície recoberta de vegetação • Recifes areníticos em franja
	6	0	149	32	<ul style="list-style-type: none"> • Praias de cascalho (seixos e calhaus) • Costa de detritos calcários • Depósitos de tálus • Enrocamentos expostos • Plataforma ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas
	7	214	186	0	<ul style="list-style-type: none"> • Planície de maré arenosa exposta • Terraço de baixa-mar
	8	225	232	0	<ul style="list-style-type: none"> • Escarpa/encosta de rocha lisa ou não-lisa, abrigada • Escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados • Enrocamentos abrigados
	9	248	163	0	<ul style="list-style-type: none"> • Planície de maré arenosa/lamosa abrigada • Terraço de baixa-mar lamoso abrigado • Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais
	10	214	0	24	<ul style="list-style-type: none"> • Deltas e barras de rio vegetadas • Terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas • Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada; apicum • Marismas • Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários)

As informações referentes aos recursos biológicos nas cartas SAO incluem animais e plantas sensíveis ao óleo, contendo, inclusive, as áreas de alimentação, de reprodução, berçários, etc. (BRASIL, 2004). De um modo geral, as espécies podem ser afetadas pelo óleo de maneira direta e indireta: diretamente, quando as espécies entram em contato com o óleo, podendo ficar sufocadas pela cobertura do óleo em suas penas, pêlos ou folhagens, ou ainda podendo sofrer os efeitos tóxicos do óleo no organismo; indiretamente, quando há perda da fonte de alimentação ou do hábitat, ou ainda quando níveis tróficos inferiores sofrem diminuição de indivíduos (ARAUJO *et al.*, 2006).

Todos os usos socioeconômicos que podem ser afetados no caso de um evento de derrame de óleo também são mapeados nas cartas SAO, assim como os locais que possuem recursos ou estrutura para fomentar ações de resposta (ARAUJO *et al.*, 2006). Estes recursos incluem áreas de recreio e lazer, áreas de extração de recursos naturais como pesca, maricultura e mineração, unidades de conservação, recursos culturais, estruturas náuticas, áreas de manobra de maquinário (para o caso de ações de limpeza), etc. (BRASIL, 2004).

Nas cartas SAO, a linha de costa é dividida em trechos de características semelhantes (por exemplo uma praia ou um trecho de costão rochoso de alta declividade). A cada um destes trechos dá-se o nome de segmento. A Figura 30 mostra um trecho de uma carta SAO de São Sebastião, com os diferentes segmentos representados por cores diferentes, segundo seus índices de sensibilidade.



Fonte: PINCINATO, 2007.

Figura 30 – Trecho de carta SAO representando parte da costa de São Sebastião, com segmentos de cores diferentes, o que indica diferentes sensibilidades ao óleo.

Os segmentos são mapeados de acordo com o ISL e são representados como linhas com cores definidas segundo método do MMA (BRASIL, 2004) – Quadro 3. Cada segmento recebe um código de identificação, composto por letras e números, da seguinte forma: duas letras iniciais representando o estado da federação; as duas seguintes, a área de estudo; os três algarismos identificam o segmento, seguido da letra “S”, que significa segmento (BRASIL, 2004). Assim, como exemplo, para a região em estudo: SPSS001-S, onde SP é o estado de São Paulo; SS é São Sebastião; 001 é o número do segmento e S é a letra que indica que o número se refere àquele segmento (BRASIL, 2004).

4.2. Adequação dos Dados Existentes Para a Montagem do Banco de Dados

Esse trabalho está inserido em um projeto maior. Uma das etapas anteriores deste projeto maior foi o levantamento de dados dos diversos municípios litorâneos do estado de São Paulo. Esses levantamentos foram feitos por diversos autores, como Wieczorec (2006) e Lima (2007). No caso do município de São Sebastião, o levantamento foi feito pelo trabalho de Pincinato (2007). Um dos problemas identificados logo no início do trabalho foi a heterogeneidade entre os dados gerados por cada trabalho. Como o Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental estuda toda a costa paulista, essa heterogeneidade precisou ser eliminada, e para isso foram padronizadas os dados que seriam implementados no banco de dados. Decidiu-se que os dados seriam organizados de acordo com os diversos ambientes e para cada município.

Os ambientes considerados para o projeto são: Praia, Manguezal, Costão Rochoso, Terraços, Planície de Maré e Estruturas Artificiais, que são os ambientes mais comumente encontrados no litoral paulista. Para cada um destes ambientes foram definidas as variáveis necessárias que deveriam ser contempladas no banco de dados, segundo proposição de Brasil (2004).

Para todos os ambientes, alguns campos foram comuns. Estes campos são os seguintes:

- Código do segmento: Campo que contém o código do segmento do ambiente. A codificação segue o padrão definido por Brasil (2004).
- Nome: Nome local dado ao ambiente.
- ISL OU ISL verão / ISL inverno: Neste campo vai indicado o índice de sensibilidade do ambiente. Para o ambiente de praia, o ISL foi dividido sazonalmente. Porém, como

nos dados obtidos essa diferenciação sazonal não foi feita, replicou-se o índice para os dois campos.

- UTM início / UTM fim OU UTM centro: Estes dois campos trazem o ponto de localização do início e do fim do segmento, em UTM. No caso de manguezais, planícies de maré e terraços, que são feições de área, utilizou-se o campo UTM centro, com o valor da coordenada UTM do centróide do polígono.
- Processos de combate: Técnicas de limpeza recomendadas para o ambiente em questão.
- Processos de combate não recomendados: Técnicas de limpeza não recomendadas para o ambiente em questão. Importante frisar que as técnicas recomendadas e não recomendadas levaram em conta apenas o tipo de ambiente, e não outros fatores, como uso socioeconômico.
- Disposição de resíduos: Caso houvesse local para a disposição dos resíduos provenientes da limpeza, este campo indicaria.
- Acesso de embarcações: Campo indicativo da existência ou não de estruturas de acesso para embarcações.
- Tipo de acesso: Descrição do tipo de estrutura para acesso das embarcações.
- Aproximação: Determina se é possível ou não aproximar-se do segmento pelo mar.
- Tamanho das embarcações: Indica o tamanho das embarcações que podem ter acesso ao segmento por mar.
- Restrições: Indica as restrições para a aproximação e/ou acesso de embarcações.
- Tipo de acesso1: Mostra o tipo de acesso existente por terra (trilhas, acesso de veículos leves, etc.).
- Área manobra: Se existe ou não no local ou próxima dele.
- Área estacionamento: Se existe ou não no local ou próxima dele.
- Ponto logístico: Existência ou não de local para funcionar como ponto logístico.
- Desembarque leve: Existência de espaço para desembarque de equipamentos leves.
- Desembarque pesado: Existência de espaço para desembarque de equipamentos pesados.
- Recurso visual: Código das fotos do segmento existentes no banco de dados.
- Informações: Alguma informação relevante em relação à ações de combate.
- Classe de extração: Classe da extração de recursos naturais (Ex.: Pesca recreativa; pesca artesanal).

- Tipo de extração: Tipo da extração de recursos naturais (Ex.: Pesca submarina; rede de espera).

Além destes campos em comum, os ambientes tiveram padronizados alguns campos exclusivos, como mostrado a seguir.

Para costões rochosos, foram padronizados os seguintes campos exclusivos, baseado em Brasil (2004):

- Extensão: A extensão do costão, em metros.
- Descrição: Caso houvesse alguma descrição do costão, ou alguma informação relevante, este campo indicaria.
- Hidrodinamismo: Indica se a exposição do costão à energia das ondas é alta, média ou baixa.
- Declividade: Classifica qualitativamente a declividade do costão.
- Morfologia: Classifica o costão quanto à sua formação – bloco único, matacões.
- Litologia: Tipo da rocha constituinte.
- Heterogeneidade: Classifica qualitativamente a heterogeneidade do costão.
- Estrutura de apoio: Caso haja alguma estrutura de apoio à extração de recursos.
- Estrutura de apoio nome: Nome da estrutura de apoio, caso exista.
- Recursos culturais: Descreve os recursos culturais existentes próximos ao costão (Ex.: Comunidades tradicionais, locais históricos).
- Turismo classe: Classe dos serviços oferecidos próximos àquele costão (Ex.: Hospedagem, comércio).
- Turismo tipo: Tipo dos serviços oferecidos próximos àquele costão (Ex.: Pousada, quiosque).
- Impactos tipo: Se há algum empreendimento potencialmente impactante no local, como cemitérios e postos de gasolina.
- Infra-estrutura náutica tipo: Campo indicativo de que tipo de infra-estrutura náutica existe naquele costão, como estaleiros e marinas.
- Nome infra-estrutura náutica: Caso a infra-estrutura tenha um nome.
- Recreação classe: Classe da recreação praticada naquele costão (Ex.: atividade aquática).
- Recreação tipo: Tipo da recreação praticada naquela praia (Ex.: mergulho).

Para os manguezais, foram padronizados os seguintes campos exclusivos, segundo Brasil (2004):

- Área: Valor da área do mangue, em metros quadrados.
- Tipo de substrato: Indica o tipo de substrato do manguezal.
- Tipo fisionomia: Fisionomia do bosque do mangue.
- Processos de combate: Técnicas de limpeza recomendadas para o manguezal em questão.

O Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental padronizou o banco de dados de planícies de maré com os seguintes campos exclusivos:

- Área: Valor da área da planície, em metros quadrados.
- Tipo de substrato: Indica o tipo de substrato da planície.
- Estrutura de apoio: Caso haja alguma estrutura de apoio à extração de recursos.
- Estrutura nome: Nome da estrutura de apoio, caso haja.
- Recurso cultural: Tipo de recursos cultural.
- Recurso cultural1: Nome do recurso cultural, caso haja.
- Serviço classe: Classe dos serviços oferecidos próximo àquela planície (Ex.: Hospedagem, comércio).
- Serviço tipo: Tipo dos serviços oferecidos próximo àquela planície (Ex.: Pousada, quiosque).
- Impactos: Se há algum empreendimento potencialmente impactante no local, como cemitérios e postos de gasolina.
- Infra-estrutura náutica: Campo indicativo de que tipo de infra-estrutura náutica existe naquela planície, como estaleiros e marinas.
- Nome infra-estrutura: Caso a infra-estrutura tenha um nome.
- Recreação: Classe da recreação praticada naquela planície (Ex.: esportes náuticos).
- Recreação1: Tipo da recreação praticada naquela planície (Ex.: kitesurfe).

O Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental padronizou o banco de dados de praia com os seguintes campos exclusivos, baseado em Brasil (2004):

- Extensão: Indica a extensão da praia, em metros.
- Área verão / Área inverno: Valor da área da praia nas duas épocas, em metros quadrados.

- Descrição / Descrição1: Caso houvesse alguma descrição da praia, ou alguma informação relevante, nesses campos que entrariam.
- Granulometria verão / granulometria inverno: Descrição qualitativa da granulometria do substrato nas duas épocas.
- Hidrodinamismo: Indicava se a praia era exposta ou abrigada.
- Declividade verão / declividade inverno: Valor da declividade nos dois períodos, em graus.
- Estrutura de apoio: Caso haja alguma estrutura de apoio à extração de recursos.
- Estrutura nome: Nome da estrutura de apoio, caso haja.
- Recurso cultural: Tipo de recursos cultural.
- Recurso cultural1: Nome do recurso cultural, caso haja.
- Serviço classe: Classe dos serviços oferecidos naquela praia (Ex.: Hospedagem, comércio).
- Serviço tipo: Tipo dos serviços oferecidos naquela praia (Ex.: Pousada, quiosque).
- Impactos: Se há algum empreendimento potencialmente impactante no local, como cemitérios e postos de gasolina.
- Infra-estrutura náutica: Campo indicativo de que tipo de infra-estrutura náutica existe naquela praia, como estaleiros e marinas.
- Nome infra-estrutura: Caso a infra-estrutura tenha um nome.
- Recreação: Classe da recreação praticada naquela praia (Ex.: esportes náuticos).
- Recreação1: Tipo da recreação praticada naquela praia (Ex.: surfe).

Já para os terraços de baixa-mar, utilizou-se os seguintes campos exclusivos:

- Extensão: Extensão do litoral do terraço, em metros.
- Área: Valor da área do terraço, em metros quadrados.
- Descrição: Descreve a área, caso seja necessário.
- Tipo substrato: Descreve o tipo de substrato constituinte do terraço.
- Estrutura de apoio: Caso haja alguma estrutura de apoio à extração de recursos.
- Estrutura nome: Nome da estrutura de apoio, caso haja.
- Recurso cultural: Tipo de recursos cultural.
- Recurso cultural1: Nome do recurso cultural, caso haja.
- Serviço classe: Classe dos serviços oferecidos próximo àquele terraço (Ex.: Hospedagem, comércio).

- Serviço tipo: Tipo dos serviços oferecidos próximo àquele terraço (Ex.: Pousada, quiosque).
- Impactos: Se há algum empreendimento potencialmente impactante no local, como cemitérios e postos de gasolina.
- Infra-estrutura náutica: Campo indicativo de que tipo de infra-estrutura náutica existe naquele terraço, como estaleiros e marinas.
- Nome infra-estrutura: Caso a infra-estrutura tenha um nome.
- Recreação: Classe da recreação praticada naquele terraço.
- Recreação1: Tipo da recreação praticada naquele terraço.

Com relação às estruturas artificiais, os seguintes campos exclusivos foram definidos, baseados em Brasil (2004):

- Extensão: Indica a extensão da estrutura artificial, em metros.
- Descrição: Descrição do tipo de estrutura artificial existente.
- Declividade: Valor da declividade da estrutura artificial, em graus.
- Processos de combate: Técnicas de limpeza recomendadas para a estrutura artificial em questão.
- Estrutura de apoio: Caso haja alguma estrutura de apoio à extração de recursos.
- Estrutura nome: Nome da estrutura de apoio, caso haja.
- Recurso cultural: Tipo de recursos cultural.
- Recurso cultural1: Nome do recurso cultural, caso haja.
- Serviço classe: Classe dos serviços oferecidos naquela estrutura artificial.
- Serviço tipo: Tipo dos serviços oferecidos naquela estrutura artificial.
- Impactos: Se há algum empreendimento potencialmente impactante no local, como cemitérios e postos de gasolina.
- Infra-estrutura náutica: Campo indicativo de que tipo de infra-estrutura náutica existe naquela estrutura artificial, como rampas e marinas.
- Nome infra-estrutura: Caso a infra-estrutura tenha um nome.
- Recreação: Classe da recreação praticada naquela estrutura artificial.
- Recreação1: Tipo da recreação praticada naquela estrutura artificial.

O passo seguinte foi buscar a fonte de cada um destes dados. No caso do presente trabalho, as fontes foram os *shapes* e o Atlas gerados por Pincinato (2007). Utilizou-se o

software ArcGIS para organizar e unir as tabelas e seus respectivos dados, que estavam inicialmente dispersos em diversas tabelas menores e em informações textuais no Atlas produzido. Como indexador, foi utilizado o código dos segmentos, que têm sua padronização definida por Brasil (2004).

4.3. Implementação dos Dados

Padronizados os dados para todos os municípios, o passo seguinte foi montar as tabelas do banco de dados. Essa fase requereu um tempo extenso, e foi utilizado o *software* Microsoft Excel para a edição das tabelas. Alguns dados estavam incompletos, outros ainda não existiam, portanto, nem todos os campos de todas as tabelas foram totalmente preenchidos. A Figura 31 mostra uma tela do Excel com o ambiente “Praia” exibido, mostrando alguns dos campos existentes para esse ambiente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
	cod_seg	nome	isl_verao	isl_inverno	utm_inicio	utm_fim	extensao	area_ver	area_inv	descricao_verao	descricao_inverno	granu
2	SPSS005-S	Brava de Boracéia	4	4	418687; 7371275	418774; 7371287	89,19	1249	2676			area
3	SPSS005-S	Brava de Boracéia	4	4	418687; 7371275	418774; 7371287	89,19	1249	2676			area
4	SPSS007-S		4	4			28,52	0	0			area
5	SPSS009-S		4	4			27,74	0	0			area
6	SPSS019-S	Jureia	4	4	419212; 7371126	420006; 7371521	588,47	11769	22362			area
7	SPSS024-S	Engenho	3	3	420177; 7371606	420536; 7371626	403,62	16145	14530			area
8	SPSS027-S	Barra do Una	4	4	420918; 7371814	422567; 7371484	2551,41	40823	71440			area
9	SPSS034-S	Juquehy	4	4			3483,15	174158	111461			area
10	SPSS039-S	Conchas Sul	4	4	427021; 7370701	427151; 7370774	164,63	6585	8561			area
11	SPSS041-S	Preta Sul	3	3	427217; 7370829	427382; 7370925	196,92	6301	11815			area
12	SPSS045-S	Barra do Saí	4	4	428502; 7370793	429335; 7370359	1031,30	24751	26814			area
13	SPSS045-S		4	4			241,80	5803	6287			area
14	SPSS051-S	Baleia	3	3	430274; 7370457	432361; 7370099	2238,08	89523	143237			area
15	SPSS055-S	Camburi	4	4	432978; 7370134	434026; 7370153	1105,04	30941	66302			area
16	SPSS059-S	Camburizinho	4	4	434158; 7370240	434613; 7370220	521,07	7295	33349			area
17	SPSS061-S		4	4			52,55	0	0			area
18	SPSS066-S	Boiçucanga	4	4	434910; 7369643	436313; 7368966	1766,25	24728	31793			area
19	SPSS074-S	de Fora	4	4			78,15	0	0			area
20	SPSS076-S	Brava de Boiçucanga	4	4	437493; 7367956	438006; 7367992	529,26	0	0			area
21	SPSS085-S	Maresias	4	4	440178; 7368679	443526; 7368426	3444,01	89544	61992			area
22	SPSS089-S	Paíba	4	4	439450; 7368165	443814; 7367280	538,03	15065	13989			area
23	SPSS094-S	Santiago	4	4	444539; 7366861	445261; 7366300	856,77	23990	25703			area
24	SPSS097-S	Toque-Toque Pequeno	4	4	445348; 7366226	445723; 7365271	1057,57	21151	16921			area
25	SPSS109-S	Calhetas	4	4	446726; 7364651	446902; 7364381	368,63	12533	2949			area
26	SPSS117-S	Toque-Toque Grande	4	4	447804; 7364383	447998; 7363813	638,48	14047	10216			area
27	SPSS123-S	Brava do Toque-Toque	4	4	450106; 7364530	450351; 7364598	264,33	5287	4758			area
28	SPSS127-S	Brava de Guaecá 2	4	4			134,36	0	0			area
29	SPSS130-S	Brava de Guaecá 1	6	6	451967; 7365286	452041; 7365341	60,28	0	0			area
30	SPSS134-S	Guaecá	3	3	452285; 7365643	454556; 7364789	2546,55	91676	66210			area
31	SPSS140-S	Barequeçaba	4	4	455098; 7364881	456122; 7364515	1134,52	68071	54457			area
32	SPSS142-S	Segredo	4	4			127,38	3057	1529			area
33	SPSS144-S	Cabelo Gordo	4	4			76,25	1678	1220			area
34	SPSS146-S	Pitangueiras	4	4	457080; 7365042	457272; 7365160	239,45	3831	3352			area

Figura 31 - Tela do Excel com a tabela do ambiente de Praia sendo exibida.

Destaque deve ser dado para a organização dos dados referentes aos recursos visuais (fotografias) de cada segmento. Foi necessária uma atenção especial, pois o número de imagens era grande, e por isso foi preciso escolher as mais representativas para cada segmento.

Implementados os dados, houve a transformação das coordenadas de Geográficas (UTM) para latitude e longitude, para que se pudesse fazer o *upload* dos dados de acordo com o padrão para o banco de dados. Depois disso, os dados foram transferidos do Excel (.xls) para *shapes* (.shp). Essa mudança foi feita também devido ao padrão do sistema que iria receber estes dados para a publicação na *web*.

4.4. Publicação dos dados via internet

A empresa contratada para o desenvolvimento da interface *web* para a publicação dos dados foi a GeoJá Mapas Digitais. A disponibilização desses dados foi efetuada dentro do conceito de webgis, que associa flexibilidade e rapidez ao potencial de disponibilização de dados de natureza geográfica. Para o sistema de Banco de Dados de Cartas de SAO do Litoral Paulista foi utilizado um banco de dados relacional com um plug-in especial para a interpretação de dados geográficos. Para a visualização dos dados via internet a empresa utilizou o MapServer, que se trata de um conjunto de bibliotecas que serve como ambiente de desenvolvimento para construção de aplicativos espaciais focados na internet.

A intenção de organizar estes dados em um banco de dados geográficos disponível na *web* é permitir a rápida identificação, recuperação e atualização dos dados, além da consulta pelos usuários do banco por meio do site.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com relação à organização dos dados, os resultados foram um *shape* e um arquivo de banco de dados com todos os recursos visuais (fotografias da região). Esse *shape* continha a localização espacial de cada fotografia através de um ponto. Foram gerados também um *shape* e um arquivo de banco de dados para cada ambiente existente no litoral sebastianense, com a localização dos segmentos e todos os dados referente a cada segmento.

5.1. Os segmentos e os métodos de limpeza

A seguir serão apresentados os segmentos do litoral de São Sebastião que apresentaram alguma variação nos métodos de limpeza recomendados depois do cruzamento de dados e análise dos mesmos, separados por ambiente. Para os demais segmentos, não citados, os métodos de limpeza são os mesmos apresentados no Quadro 1.

5.1.1. Costões Rochosos

São Sebastião possui 185 segmentos que podem ser classificados como costões, configurando esse ambiente como o mais abundante na costa. Alguns segmentos de costões são contíguos, mas foram separados por apresentarem características morfológicas diferentes (heterogeneidade, declividade) ou pela diferente exposição às ondas. Um exemplo de segmentos de costões é mostrado na carta SAO da Figura 32 (segmento em roxo).

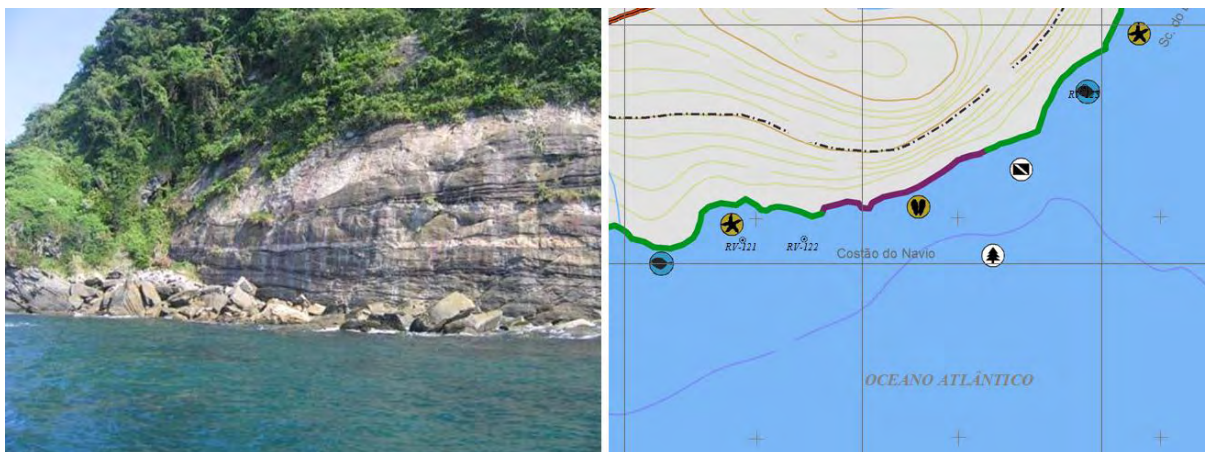


Figura 32: Costão do Navio e a detalhe do mesmo costão na carta SAO.

Diversos pontos da costa sebastianense constituídos por costões são utilizados para extração de recursos para subsistência, principalmente através da pesca artesanal. Estes locais mereceram atenção especial.

O Quadro 1 divide costões em expostos e abrigados. Para os expostos, a limpeza recomendada é a natural, pois, além de a aproximação por mar ser dificultada pela energia das ondas, estas ajudam na limpeza do ambiente. Para classificar o costão como exposto, foram usados três filtros, nessa ordem:

1. Segmentos com o valor “alto” no campo “Hidrodinamismo”;
2. Segmentos com alguma informação relacionada a alto grau de exposição às ondas no campo “Restrições” ou
3. Segmentos de ISL 1 ou 2.

Todos os outros segmentos foram classificados como abrigados.

Dentre todos os segmentos classificados como “expostos”, dois apresentaram atividades de extração: o segmento SPSS080-S, localizado entre as praias de Maresias e Brava de Boiçucanga, e o segmento SPSS014-S, na Ilha do Montão de Trigo. Nesta ilha

existe uma comunidade tradicional, que vive da pesca de subsistência. No segmento próximo à praia de Maresias é efetuada a pesca artesanal por meio de redes de cerco.

Nestes segmentos, a limpeza deve ser acelerada, para que os efeitos do óleo não prejudiquem as atividades ali realizadas. Este trabalho sugere a utilização de materiais absorventes em forma de barreiras e linhas de pompons, para evitar que o óleo que se desprender do costão através da energia das ondas atinja as redes e demais apetrechos de pesca, inutilizando-os. Além disso, para acelerar a remoção, recomenda-se a lavagem com água corrente, sempre associada ao recolhimento por absorventes.

Para os segmentos classificados como “costões abrigados”, alguns merecem alguma atenção especial:

- Os segmentos SPSS042-S (Banana’s Point) e SPSS119-S (costão esquerdo da praia de Toque-Toque Grande) possuem atividades de pesca, artesanal e subaquática, por isso devem ter prioridade de atendimento. Porém, o acesso por mar é muito dificultado por rochas próximas à superfície, sendo recomendado o acesso por terra.

- Os segmentos SPSS048-S (costão esquerdo da Praia Barra do Saí), SPSS116 (Ilha do Toque-Toque), SPSS126-S (Costão do Navio), SPSS141-S (Ponta do Barequeçaba), SPSS143-S (costão esquerdo da praia do CEBiMar), SPSS151-S (Ponta do Recife) e SPSS153-S (ponta direita da Praia Preta), são áreas nas quais a atividade de pesca submarina, tanto recreativa quanto de subsistência, é bastante praticada. Portanto, é necessário muita cautela na aproximação por mar destes costões utilizando embarcações motorizadas.

5.1.2. Manguezais

Em São Sebastião, existem 9 segmentos que podem ser considerados como manguezais. Os mangues, nas cartas SAO, não são representados como linhas, e sim como polígonos, pois estão associados a grandes áreas. Um exemplo é dado na carta SAO da Figura 33.

Os manguezais de São Sebastião são pouco utilizados para extração de recursos, porém, em sua maioria são muito afetados por intervenções antrópicas, como lançamentos de efluentes e pressão ao redor do bosque. Também não são utilizados para atividades de recreação e turismo, tampouco contam com estruturas próximas de apoio. Por esses motivos, para a maioria dos 9 segmentos de manguezal, as técnicas de limpeza recomendadas são as do Quadro 1.



Figura 33: Desembocadura do Rio Saí (entrada para o manguezal) e segmentos de manguezal no bairro Barra do Saí (em vermelho).

A exceção fica para o segmento SPSS020-S, localizado no bairro da Juréia. Neste manguezal, é possível efetuar a aproximação por via marítima. Por isso, neste ambiente deve-se utilizar a aproximação com embarcações de baixo calado quando possível, durante a maré cheia. Algumas das embarcações possíveis de serem utilizadas são os caiaques (cuja desvantagem é o tamanho, ou seja, é uma embarcação de difícil manobra) e os *jet-skies*, com os quais se têm feito algumas intervenções em ambientes de alto ISL como teste, obtendo-se bons resultados. Estas embarcações podem ser utilizadas para efetuar a poda controlada da vegetação ou a aplicação de absorventes no interior do mangue, e a sua posterior coleta.

5.1.3. Planície de maré e terraços de baixa-mar

Na área de estudo, existem 5 áreas que podem ser consideradas como terraços de baixa-mar, e 1 área que pode ser encaixada como planície de maré. Assim como os manguezais, esses segmentos são, na verdade, polígonos, dada a grande extensão territorial destes ambientes. A carta SAO da Figura 34 mostra o terraço de baixa-mar da praia do Araçá.



Figura 34: Foto do terraço da praia do Araçá e sua localização no detalhe da carta SAO (em laranja).

Devido à similaridade entre estes dois tipos de ambiente, as técnicas utilizáveis neles são similares. Para os segmentos destes ambientes em São Sebastião recomenda-se apenas a limpeza natural, porém, a prática mostra que é possível a aplicação de materiais absorventes.

Na planície de maré da Baía de Caraguatatuba, localizada no bairro da Enseada (segmento SPSS244-S), existem diversas atividades socioeconômicas desenvolvidas. As principais são a coleta de mariscos e crustáceos e a pesca artesanal desenvolvida pela comunidade local. Além disso, as condições de vento na baía são propícias para a prática do *kite surf*, esporte aquático de baixo impacto. Além desses fatores socioeconômicos, existe a riqueza biológica da planície. A comunidade biótica é de alta complexidade, sendo o local usado também como berçário para invertebrados e sítio de alimentação para diversas espécies de aves. Ainda como agravante, a planície está localizada em uma baía abrigada, o que dificulta sua limpeza natural.

Por estes fatores, a limpeza natural, apesar de ser a mais recomendada do ponto de vista dos impactos causados, torna-se uma técnica perigosa de ser utilizada, já que a permanência do óleo no local pode afetar drasticamente a biota e, por conseqüência, a extração de recursos por parte da comunidade local. Assim, recomenda-se a utilização de materiais absorventes granulados de origem natural, que podem ser aplicados na franja do mesolitoral durante a maré baixa. Ao encher, a maré carrega o material absorvente em direção à terra, “varrendo” o substrato com o absorvente, o que diminui consideravelmente a quantidade de óleo que deverá ser degradada naturalmente. Ao chegar ao ápice da maré cheia, o material deve ser recolhido completamente.

No local há também um campo de futebol acima do pós-praia, que pode ser utilizado para armazenar o absorvente e o resíduo da limpeza. Além disso, por se tratar de uma área muito ampla, podem ser estacionados e manobrados veículos de transporte de pessoal e material.

Porém, como se trata de um ambiente muito sensível, alguns cuidados devem ser tomados: o tráfego de pessoal dentro da planície deve ser restringido ao máximo, para evitar o pisoteamento dos organismos residentes no substrato. Sempre que possível, utilizar embarcações de baixo calado, como caiaques e *jet-skies*. Outra medida importante é armazenar os *bags* com resíduos no campo de futebol, jamais na praia ou sobre o substrato lamoso.

Nos terraços de São Sebastião, especial cuidado deve ser tomado com o segmento SPSS207-S, um terraço pequeno, porém muito rico em espécies, formado por seixos. Deve-se

evitar que o óleo se aproxime desse local, pois sua limpeza é muito difícil. O tráfego de pessoas deve ser evitado, pois além da comunidade biológica existente, o pisoteamento do óleo tende a transferi-lo para as camadas mais profundas do substrato. Neste local, a limpeza natural é altamente recomendada, apesar de ser um local abrigado. A utilização de absorventes pode ser feita, porém, estes devem ser de origem natural e orgânica, já que seu recolhimento será difícil, dada a natureza seixosa do substrato local.

5.1.4. Praias

São Sebastião possui 65 segmentos que podem ser classificados como praia. Em sua maioria, apresenta granulometria de média a alta. Um exemplo de segmento de praia é dado na Figura 35.



Figura 35: Praia de Maresias e sua esquematização em detalhe da carta SAO.

De um modo geral, as praias de São Sebastião possuem uma grande vocação turística, pois existe uma grande variedade dessas praias, com grande beleza cênica.

O turismo é acentuado nas estações de alta temporada, nos meses de verão. Assim, as ações de limpeza podem ser divididas sazonalmente, entre alta e baixa temporada. A diferença estaria na rapidez da remoção do óleo e na recuperação visual da praia. De outro modo, a principal fonte de renda do município ficaria ameaçada. Por outro lado, não se pode deixar de levar em conta a biota existente nestes locais, que poderia ser muito afetada por ações de limpeza rápidas, porém altamente impactantes. Assim, durante a alta temporada, a administração pública deve ponderar muito bem estes dois fatores, encontrando a solução que cause menos prejuízo quanto possível, tanto econômica quanto ambientalmente.

Este trabalho sugere que, durante os meses de baixa temporada, a limpeza seja feita de acordo com o Quadro 1, ou seja, naturalmente (quando a praia for reflexiva) ou manualmente

com a ajuda de absorventes (em praias dissipativas ou em períodos de construção do ambiente).

Durante os meses de alta temporada, as técnicas sugeridas são as mesmas, porém, o número de trabalhadores pode aumentar. Além disso, em locais onde o substrato e o tipo de óleo permitem, pode ser feito o entrincheiramento (covas estreitas) e a posterior sucção do óleo por bombas a vácuo.

5.1.5. Ambientes artificiais

São Sebastião possui 19 segmentos de estruturas artificiais. Todos eles ficam na costa norte do município, e grande parte faz parte das estruturas do porto de São Sebastião e o do píer do TEBAR. Nestes pontos, são ambientes altamente afetados pela intervenção antrópica. Porém, nestes locais existem muitas estruturas de apoio e facilidade de aproximação por terra e por mar, inclusive com a utilização de embarcações de grande porte. A Figura 36 mostra um quebra-mar na Rua da Praia, próximo ao porto de São Sebastião mostrado em uma carta SAO.



Figura 36: Enrocamento heterogêneo e esquematização na carta SAO (em amarelo, as estruturas artificiais).

Algumas atividades socioeconômicas, como pesca recreativa, são desenvolvidas no segmento SPSS179-S, referente ao porto de São Sebastião. O tipo de estrutura artificial do local são enrocamentos, o que dificulta a limpeza. Biologicamente, o local apresenta uma grande comunidade de organismos típicos de costões. Assim, o jateamento causaria grandes danos, não sendo recomendado. Também existe a presença de tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*). De um modo geral, as atividades de limpeza recomendadas são as descritas no Quadro 1, com exceção do jateamento.

Os segmentos SPSS204-S e SPSS184-S tratam-se de muros lisos. Para estes locais, a limpeza torna-se mais eficiente com a utilização de água corrente, sem pressão, seguida de limpeza manual. Deve-se atentar para o recolhimento do óleo que se soltar dos muros.

5.1.6. Síntese das informações dos métodos de limpeza

O Quadro 5 a seguir faz uma síntese dos segmentos que sofreram alguma alteração em relação aos métodos de limpeza recomendados. Para os segmentos que não estão presentes nessa tabela, os métodos recomendados são os mesmos do Quadro 1. Para as praias, o Quadro 4 traz as informações divididas sazonalmente, em alta e baixa temporada.

Quadro 4 – Métodos recomendados para as praias de São Sebastião.

	Alta temporada	Baixa temporada
Praias	- Utilização de maior contingente de funcionários. - Entrincheiramento (com cautela).	- Técnicas do Quadro 1.

Quadro 5 – Síntese dos métodos recomendados e não recomendados para os segmentos da costa de São Sebastião.

Segmento	Tipo	Métodos recomendados	Métodos não recomendados	Informações importantes
SPSS014-S	Costão exposto	- Utilização de barreiras absorventes e linhas de pompons. - Lavagem com água corrente.		
SPSS020-S	Manguezal	- Adentrar o manguezal com embarcações de baixo calado para intervenções.		
SPSS042-S	Costão abrigado		- Acesso por mar.	
SPSS048-S	Costão abrigado			- Área de mergulho.
SPSS080-S	Costão exposto	- Utilização de barreiras absorventes e linhas de pompons. - Lavagem com água corrente.		
SPSS116-S	Costão abrigado			- Área de mergulho.
SPSS119-S	Costão abrigado		- Acesso por mar.	
SPSS126-S	Costão abrigado			- Área de mergulho.

SPSS141-S	Costão abrigado			- Área de mergulho.
SPSS143-S	Costão abrigado			- Área de mergulho.
SPSS152-S	Costão abrigado			- Área de mergulho.
SPSS153-S	Costão abrigado			- Área de mergulho.
SPSS179-S	Estrutura artificial heterogênea		- Jateamento.	
SPSS184-S	Estrutura artificial lisa	- Lavagem com água corrente. - Limpeza manual. - Uso de absorventes.	- Jateamento	
SPSS204-S	Estrutura artificial lisa	- Lavagem com água corrente. - Limpeza manual. - Uso de absorventes.	- Jateamento	
SPSS207-S	Terraço de baixa mar seixoso	- Absorventes de origem natural (com cautela).	- Trânsito de pessoal.	
SPSS244-S	Planície de maré	- Aplicação de material absorvente na maré baixa. - Utilização de embarcações de baixo calado para adentrar a planície.	- Limpeza natural.	- Campo de futebol que pode ser usado como ponto logístico.

5.2. Web site

Os resultados parciais da disponibilização na *web* podem ser vistos visitando o site do projeto: <http://www.sao.rc.unesp.br/anp>. Os resultados são parciais, pois o banco de dados ainda está em fase de testes, assim como a interface gráfica. As Figuras 32 e 33 mostram a tela de apresentação do sistema e uma tela com as informações implementadas sobre os segmentos.



Figura 32 – Tela de apresentação do *website* do projeto.

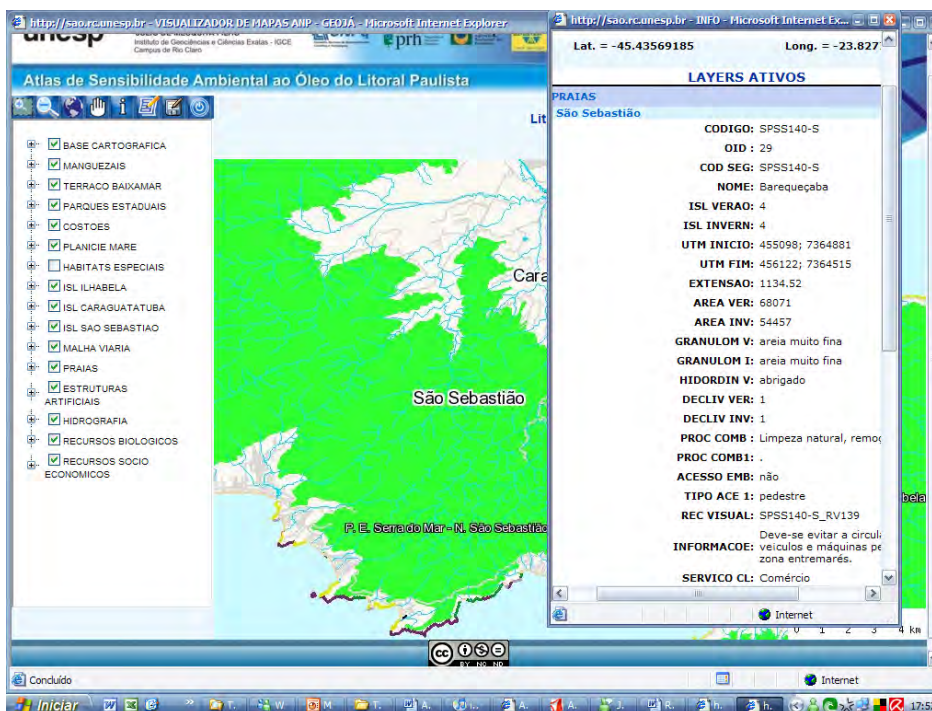


Figura 33 – Visualizados de mapas com uma janela de informações aberta.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os dados referentes ao município de São Sebastião foram organizados, conforme proposto no objetivos deste trabalho, a partir da sistematização elaborada pelo Grupo de Pesquisa em Sensibilidade Ambiental, para permitir a posterior integração dos dados de todo

o estado de São Paulo. Os dados foram implementados e estão disponíveis na *web*, no site: <http://sao.rc.unesp.br/anp/>.

À partir da organização dos dados, foi possível desenvolver a segunda parte do projeto (estudo e proposição dos métodos). Caso os dados já estivessem organizados, poder-se-ia disponibilizar um tempo maior no estudo dos segmentos litorâneos, chegando a resultados ainda mais específicos (para o ambiente “praia”, por exemplo). Portanto, a padronização na coleta de dados é importante para agilizar etapas posteriores do projeto.

Com relação aos métodos propostos para os segmentos da costa de São Sebastião, verificou-se que, diante da quantidade de segmentos existentes (284), poucos mereceram recomendações diferentes das indicadas pela bibliografia (17). Esse fato pode ser atribuído à subjetividade das informações: as conclusões sobre os métodos mais adequados para cada ambiente foram tomadas principalmente de acordo com as informações que estavam contidas no banco de dados. Portanto, as informações foram indiretas, ou seja, não houve um contato direto do autor com os segmentos, o que poderia fornecer mais dados sobre cada local, enriquecendo o detalhamento dos métodos indicados e contra-indicados. De um modo geral, a segmentação da costa brasileira e o detalhamento destes segmentos nos níveis de atividades antrópicas, biota e técnicas de limpeza recomendadas são demandas urgentes para o gerenciamento costeiro em eventos de derramamento de óleo. Como mostrado nesse trabalho, esse detalhamento pode e deve ser feito caso a caso, município por município, tendo como base as diretrizes fixadas pelo Ministério do Meio Ambiente. Essa base serve para orientar as ações de resposta, porém, dada a pluralidade das características de cada segmento, as ações de resposta podem ser diferentes, mesmo em segmentos de mesmo ambiente, o que torna a generalização perigosa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. **Mapas de Sensibilidade Ambiental a derrames de óleo: Ambientes costeiros, estuarinos e fluviais.** Rio de Janeiro: Cenpes/Petrobras, 2006. 168 p.

BRASIL. Lei Federal nº 9.966 de 28 de abril de 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9966.htm>. Acesso em: 01 de outubro de 2008.

BRASIL. Lei Federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em: 11 de outubro de 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 004 de 18 de setembro de 1985. Disponível em: <http://200.198.202.145/seap/pdf/legislacao/ResolucaoCONAMA_04_1985.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2008.

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

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Derrames de óleo no mar e os ecossistemas costeiros.** São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2002. 262 p.

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 10 set. 2008

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba: contribuição à geomorfologia litorânea tropical.** São Paulo, SP: Trabalho de doutorado, FFLCH/USP, 1974.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE - Cidades@.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 21 de setembro de 2008.

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION - IPIECA. **Sensitivity mapping for oil spill response.** IMO / IPIECA Report Series – Vol. 1. Londres: IPIECA, 1994. 28 p.

KETKAR, K. W. The oil pollution act of 1990: a decade Later. **Spill Science & Technology Bulletin,** Vol. 7, nº1-2, p. 45-52. 2002.

LIMA, M. V. de. **Mapeamento de sensibilidade ambiental ao óleo do Arquipélago de Ilhabela – SP.** Rio Calro, 2007. 157 f.

LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; POFFO, I. R. F. **Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza – manual de orientação.** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2006. 120 p.

MILANELLI, J.C.C. Acidente com o oleoduto OSBAT – PETROBRAS / TRANSPETRO – Guaecá – São Sebastião. **Relatório Técnico.** [2006?]. 100 p.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – NOAA. **An Introduction to Coastal Habitats and Biological Resources for Oil Spill Resources.** 1992.

PEDROZO, M. F. M.; BARBOSA, E. M.; CORSEUIL, H. X. **Ecotoxicologia e avaliação de risco do petróleo.** Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2002. 246 p.

PEREIRA, P. R. B. **A cartografia ambiental para o município de São Sebastião.** São Paulo, SP: Dissertação de mestrado, Departamento de Geografia, USP, 2000.

PINCINATO, F. L. **Zoneamento ambiental do município de São Sebastião – SP com utilização de técnicas de geoprocessamento.** Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003. 98 p.

PINCINATO, F. L. **Atlas de sensibilidade a derramamentos de óleo da região costeira de São Sebastião e Caraguatatuba, Litoral Norte de São Paulo.** Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007. 182 p.

POFFO, I.R.F.; XAVIER, J.C.M.; SERPA, R.R. 2001. A História dos 27 anos de Vazamento de Óleo no Litoral Norte do Estado de São Paulo (1974-2000). **Revista Meio Ambiente Industrial no 30**, p.98-104

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO – SIGRH. **Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo.** Disponível em <www.sigrh.sp.gov.br>. Acesso em 02 out. 2008

SOUZA, C. R. G. **Quaternário do Brasil.** São Paulo: Ed. Holos, 2005. 382 p.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha.** São Paulo: T.A. Queiroz, 1992. 171 p.

TOMASSI, L.R. **Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil.** Rio de Janeiro: FUNDESPA/PETROBRAS, 1994.

WIECZOREK, A. **Mapeamento de sensibilidade a derramamentos de petróleo do Parque Estadual da Ilha do Cardoso – PEIC e áreas do entorno.** Rio Claro, 2006.