

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**MAPEAMENTO DE SENSIBILIDADE A DERRAMAMENTOS DE
PETRÓLEO DO PARQUE ESTADUAL DA ILHA DO CARDOSO - PEIC E
ÁREAS DO ENTORNO**

Arthur Wieczorek

Orientador: Prof° Dr° Dimas Dias Brito.

Co-orientador: Dr° João Carlos Milanelli.

Dissertação de mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
- Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente
para obtenção do Título de Mestre em
Geociências e Meio Ambiente

Rio Claro (SP)

2006

Comissão Examinadora

Dimas Dias Brito

Paulina Setti Riedel

Gabriel Henrique Da Silva

Arthur Wiczorek

aluno

Rio Claro, 12 de maio de 2006

Resultado: aprovado com louvor

isso de querer
ser exatamente aquilo
que a gente é
ainda vai
nos levar além

Paulo Leminski

DEDICATÓRIA

Aos meus avós

Antônio, Manuel e Olívia

AGRADECIMENTOS

Agradeço a enorme contribuição fornecida a este trabalho em termos de infra-estrutura técnica e recursos, pelo Programa de Formação de Recursos Humanos PRH - 05 da UNESP de Rio Claro, sem os quais este estudo jamais seria elaborado.

Ao Professor Dimas Dias Brito, por toda a amizade e carinho. Sem dúvida foi muito mais do que apenas um orientador nestes últimos anos. Pela sua competência e profissionalismo.

Ao João Carlos Milanelli, por todo seu auxílio como co-orientador, pela amizade e contribuições técnicas sobre o estudo.

Um enorme agradecimento a todos os alunos do GT Sensibilidade, Ágata Romero, Camila Cantagalo, Fábio Pincinato e Miguel Vieira de Lima. O auxílio desta equipe foi além de fundamental, foi imprescindível para execução deste trabalho, em todas as etapas, desde os trabalhos de campo até as edições finais. Sem vocês, com certeza este trabalho não teria sido concluído. Em especial a Carolina Cardoso, pela ajuda em todos os trabalhos de campo, análises granulométricas, edições, e tantas outras tarefas.

As contribuições fornecidas durante os trabalhos de campo pelo barqueiro que acompanhou a equipe - Jorge Malaquias.

A Julia Zanin Shimbo por toda sua ajuda na fase inicial do trabalho.

Ao José Maria Cazonatto por toda sua enorme ajuda um agradecimento muito especial.

A Célia Regina Gouveia Souza pelo auxílio na interpretação dos dados relativos as praias.

A todos os amigos que acompanharam este período difícil.

A minha família, que está sempre pronta a ajudar e me apoiar.

SUMÁRIO

Índice.....	i
Índice de Tabelas.....	iv
Índice de Figuras.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
1 Introdução.....	01
2 Legislação.....	03
3 Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo - Histórico e Fundamentação Teórica.....	13
4 As Correntes de Deriva Litorânea e a Sensibilidade das Praias Oceânicas a Derramamentos de Óleo.....	21
5 Caracterização ambiental da área de estudo.....	23
6 Justificativa do Presente Estudo.....	38
7 Objetivos.....	42
8 Materiais e Métodos.....	43
9 Resultados e Discussões.....	85
10 Conclusão.....	129
11 Considerações Finais.....	130
12 Bibliografia.....	132

ÍNDICE

1	Introdução.....	01
2	Legislação.....	03
2.1	Legislação Internacional.....	03
2.2	Legislação Nacional.....	07
3	Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo Histórico e Fundamentação Teórica.....	13
3.1	Índice de sensibilidade do litoral (ISL) a derrames de óleo.....	13
3.2	Fatores ambientais envolvidos na sensibilidade dos ambientes a derrames de óleo e seus derivados.....	16
3.3	Evolução na elaboração das cartas SAO: o Sistemas de Informação Geográfica.....	19
4	As Correntes de Deriva Litorânea e a Sensibilidade das Praias Oceânicas a Derramamentos de Óleo.....	21
5	Caracterização ambiental da área de estudo.....	23
5.1	Clima.....	25
5.2	Hidrologia.....	26
5.3	Oceanografia.....	27
5.4	Ambientes Litorâneos.....	28
5.5	Ilhas Oceânicas.....	36
5.6	Ocupação Humana e Recursos de Uso Humano.....	36
6	Justificativa do Presente Estudo.....	38
6.1	Vulnerabilidade da área a derrames de petróleo e derivados.....	38
6.2	Importância Sócio-Ambiental do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.....	40
6.3	Cartas de sensibilidade ambiental como ferramenta para o gerenciamento costeiro.....	41
7	Objetivos.....	42
7.1	Objetivos específicos.....	42
8	Materiais e Métodos.....	43
8.1	Materiais.....	43
8.1.2	Base Cartográfica.....	43
8.2	Métodos.....	44

8.2.1	Definição da área do projeto.....	44
8.2.2	Acerto da base cartográfica.....	45
8.2.3	Mapeamento preliminar dos ambientes litorâneos.....	45
8.2.4	Levantamento preliminar das informações de atividades humanas.....	46
8.2.5	Levantamento biológico.....	46
8.2.6	Campanhas de campo.....	47
8.2.6.1	Levantamento das características físicas dos ambientes.....	48
8.2.6.2	Levantamento biológico.....	53
8.2.6.3	Levantamento das atividades de uso humano.....	54
8.3	Trabalhos de escritório.....	55
8.3.1	Organização do SIG e do SGBD.....	55
8.3.2	Organização em temas geográficos.....	55
8.3.3	Definição dos atributos relevantes, criação e alimentação das tabelas.....	56
8.3.4	Ligação das tabelas de dados.....	57
8.3.5	Organização dos segmentos e pontos.....	59
8.3.6	Organização das cartas.....	59
8.3.7	Organização do Atlas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Petróleo.....	60
8.3.8	Representação espacial dos ambientes e feições litorâneas.....	61
8.3.9	Obtenção dos parâmetros de praias.....	63
8.3.10	Definição das derivas litorâneas.....	65
8.3.11	Litoral rochoso.....	68
8.3.12	Representação das informações biológicas.....	68
8.3.13	Representação das atividades de uso humano.....	78
8.3.14	Representação dos parâmetros oceanográficos.....	81
8.3.15	Representação gráfica do ISL.....	82
8.3.16	Forma de análise das informações e apresentação dos resultados.....	84
9	Resultados e Discussões.....	85
9.1	Mapeamento dos Ambientes Litorâneos.....	85
9.1.1	Praias.....	85
9.1.2	Litorais Rochosos.....	105
9.1.3	Manguezais.....	109

9.2	Os Ambientes e Feições Marinhas, Estuarinas e Fluviais: necessidade de integração do Índice de Sensibilidade.....	110
9.3	A Escala de Elaboração das Cartas SAO X Nível de Representação Adequado.....	112
9.4	Atividades de Uso Humano.....	113
9.5	Sensibilidade da Fauna.....	114
9.5.1	Sensibilidade das Aves Aquáticas ao Petróleo.....	115
9.6	Áreas prioritárias de proteção e áreas de sacrifício.....	122
9.7	Importância da proteção da região a derramamentos de óleo.....	126
10	Conclusão.....	129
11	Considerações Finais.....	130
12	Bibliografia.....	132

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Dados da movimentação de petróleo e derivados nos portos de Santos e Paranaguá no ano de 2000, modificado de Silva (2004).....	39
Tabela 2	Tipos fisiográficos de manguezais e parâmetros observados nas ortofotos e em campo.....	53
Tabela 3	Ambientes e feições mapeadas e sua representação espacial.....	62
Tabela 4	Índice de Sensibilidade do Litoral e representação gráfica (MMA, 2004).....	83
Tabela 5	Variação dos parâmetros texturais e morfológicos no período de inverno.....	98
Tabela 6	Variação dos parâmetros texturais e morfológicos no período de verão.....	99
Tabela 7	Matriz de comparação dos parâmetros morfológicos e texturais das praias, para o período de inverno.....	99
Tabela 8	Matriz de comparação dos parâmetros morfológicos e texturais das praias para o período de verão.....	100
Tabela 9	Síntese dos parâmetros utilizados para a classificação da sensibilidade dos costões rochosos a derramamentos de óleo segundo MMA, (2004).....	105
Tabela 10	Classificação dos litorais rochosos e ISL em função da textura da rocha e hidrodinamismo.....	106
Tabela 11	Proposta de integração do Índice de Sensibilidade Ambiental a derramamentos de óleo para ambientes e feições marinhas, estuarinas e fluviais do PEIC e áreas do entorno.....	111
Tabela 12	Classificação das espécies em guildas de comportamento alimentar, levando-se em conta sua sensibilidade a derrames de petróleo.....	117

Í N D I C E DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização e principais ambientes litorâneos da área de estudo.....	24
Figura 2	Nomenclatura e limites do sistema praial. Fonte: Souza (2005).....	31
Figura 3	Declivímetro.....	50
Figura 4	Declivímetro sendo utilizado nos trabalhos de campo.....	50
Figura 5	Objetos geográficos e atributos do Banco de Dados.....	58
Figura 6	Exemplo de perfil topográfico de praia.....	64
Figura 7	Exemplo de visualização da linha de deixa (porção superior do estirâncio) e linha de perfil sendo realizado.....	66
Figura 8	Exemplo de delimitação do limite inferior da zona de estirâncio, mostrando a presença de cava e banco no infralitoral.....	66
Figura 9	Perfis topográficos n° 1, praia do perequê, para os períodos de inverno e verão.....	86
Figura 10	Perfis topográficos n° 2, praia do perequê, para os períodos de inverno e verão.....	87
Figura 11	Perfis topográficos n° 3, praia do perequê, para os períodos de inverno e verão.....	87
Figura 12	Perfis topográficos n° 4, praia do itacuruçá, para os períodos de inverno e verão.....	87
Figura 13	Perfis topográficos n° 5, praia do itacuruçá, para os períodos de inverno e verão.....	88
Figura 14	Perfis topográficos n° 6, praia de ipanema, para os períodos de inverno e verão.....	88
Figura 15	Perfis topográficos n° 7, praia do cambriú, para os períodos de inverno e verão.....	88
Figura 16	Perfis topográficos n° 8, praia do cambriú, para os períodos de inverno e verão.....	89
Figura 17	Perfis topográficos n° 9, praia do fole, para os períodos de inverno e verão.....	89
Figura 18	Perfis topográficos n° 10, praia da laje, para os períodos de inverno e verão.....	89
Figura 19	Perfis topográficos n° 11, praia da laje para os períodos de inverno e verão.....	90
Figura 20	Perfis topográficos n° 12, praia do maruja, para os períodos de inverno e verão.....	90
Figura 21	Perfis topográficos n° 13, praia do marujá para os períodos de inverno e verão.....	90
Figura 22	Perfis topográficos n° 14, praia do maruja, para os períodos de inverno e verão.....	91
Figura 23	Perfis topográficos n° 15, praia do maruja, para os períodos de inverno e verão.....	91
Figura 24	Perfis topográficos n° 16, praia do maruja, para os períodos de inverno e verão.....	91
Figura 25	Perfis topográficos n° 17, praia do maruja, para os períodos de inverno e verão.....	92
Figura 26	Perfis topográficos n° 18, praia do maruja, para os períodos de inverno e verão.....	92
Figura 27	Perfis topográfico n° 19, praia do maruja, para os períodos de inverno e verão.....	92

Figura 28	Larguras das praias medidas em cada perfil para os períodos de verão e inverno.....	94
Figura 29	Declividade das praias medida em cada perfil para os períodos de verão e inverno.....	94
Figura 30	Variação do diâmetro médio dos sedimentos das praias segundo Folk; Ward (1957) para o período de inverno.....	95
Figura 31	Variação do diâmetro médio dos sedimentos das praias segundo Folk; Ward (1957) para o período de verão.....	95
Figura 32	Variação do grau de seleção (desvio padrão) dos sedimentos das praias segundo Folk; Ward (1957) para o período de inverno.....	95
Figura 33	Variação do grau de seleção (desvio padrão) dos sedimentos das praias segundo Folk; Ward (1957) para o período de verão.....	96
Figura 34	Variação do nível de energia das ondas (curtose) dos sedimentos das praias segundo Folk; Ward, (1957) para o período de inverno.....	96
Figura 35	Variação do nível de energia das ondas (curtose) dos sedimentos das praias segundo Folk; Ward (1957) para o período de verão.....	96
Figura 36	Mapa de praias subdivididas e direções do transporte litorâneo, para o período de inverno.....	103
Figura 37	Mapa de praias subdivididas e direções do transporte litorâneo, para o período de verão.....	104
Figura 38	Mapa de subclassificação dos litorais rochosos.....	108
Figura 39	Frequência de avistamentos de espécies do guilda 1 (maior sensibilidade) no período de outono-inverno.....	118
Figura 40	Frequência de observações para as espécies do guilda 2 (menor sensibilidade) no período de outono-inverno.....	118
Figura 41	Frequência de avistamentos para as espécies do guilda 1 (maior sensibilidade) no período de primavera/verão.....	119
Figura 42	Frequência de avistamentos para as espécies do guilda 2 (menor sensibilidade) no período de primavera/verão.....	120
Figura 43	Frequência de avistamentos de aves aquáticas para os dois guildas analisados nos períodos de outono/inverno e primavera/verão.....	121
Figura 44	Mapa de áreas prioritárias de proteção e áreas de sacrifício.....	125

RESUMO

Este estudo propõe-se realizar o mapeamento de Sensibilidade Ambiental a derramamentos de Óleo – Cartas SAO - do Parque Estadual da Ilha do Cardoso e áreas do entorno – SP. Para tanto, foi aplicada a metodologia indicada pelo MMA atualmente utilizada no Brasil. Para o melhor detalhamento da avaliação da sensibilidade das praias arenosas, foi elaborada uma subclassificação do índice de sensibilidade do litoral (ISL) das praias em áreas de erosão, transporte e deposição de sedimentos. Devido a características importantes atualmente não avaliadas para os litorais rochosos, propõe-se um refinamento da classificação da sensibilidade destes em função dos parâmetros geomorfológicos (textura da rocha, hidrodinamismo e localização). Elaborou-se uma proposta de integração dos índices de sensibilidade dos ambientes costeiros, estuarinos e fluviais da área estudada, levando-se em consideração os mesmos parâmetros atualmente utilizados para a classificação destes ambientes quanto a sensibilidade a derramamentos de óleo. Foram elaboradas áreas prioritárias de proteção (áreas onde os esforços de combate e limpeza devem ser priorizados) e áreas de sacrifício (setores onde os esforços podem ser secundarizados ou utilizados para atividades de remoção do óleo). Devido a grande sensibilidade da região a derramamentos de óleo sugere-se a instalação de um Centro de Emergência Ambiental e de um Plano de Emergência para o combate a acidentes na área.

Derramamentos de petróleo, Cartas de Sensibilidade Ambiental a derramamentos de óleo, Índice de Sensibilidade do Litoral, Planos de Contingência.

ABSTRACT

This study purpose is to draw the oil spill environmental sensitivity mapping of Cardoso Island's State Park and surrounding regions – SP. Thus, the suggested methodology for MMA, usually used in Brazil, was applied. For a better detailed evaluation of the sensitivity of sandy beaches, a subclassification of the shoreline sensitivity index of beaches in erosion, transport and deposition zones of sediments was formulated. Due to important characteristics, so far not evaluated yet, found in rocky shores, it has been suggested a refined classification of sensitivity of those rocky shores according to geomorphologic parameters (rock grain, wave energy and localization). A suggestion of coastal, estuarine e riverine integration of environmental sensitivity index for the study area proposal was elaborated, taking into account the same parameters currently used to the classification of these environments related to the oil spill sensitivity. Priority zones of protection (sectors where the actions and clean up must be priorities) and sacrifice zones (sectors where the actions must be retard or used to actions of removal oil) were formulated. Due to the great oil spill sensitivity in this region, the installation of an Environmental Emergency Central and an Emergency Plan to combat oil spill accidents in the region, is highly suggested.

Oil spill, mapping of environmental oil spill sensitivity, shoreline environmental sensitivity index, contingency plan.

1 - INTRODUÇÃO

Episódios de vazamentos de petróleo no mar envolvem, entre outros elementos, instalações situadas na faixa costeira (e.g., portos, refinarias e terminais de armazenamento), terminais aquaviários de operação de navios petroleiros, gaseiros, graneleiros e barcaças abastecedoras (operações de carga, descarga e abastecimento), colisões e encalhes de navios, rompimento de oleodutos, acidentes em poços e plataformas de petróleo e conflitos armados (e.g., Guerra do Golfo Pérsico).

Derramamentos de petróleo têm trazido recorrentes e graves prejuízos aos ecossistemas costeiros em várias regiões do mundo. O óleo derramado quando atinge a zona litorânea provoca sérios danos à vida selvagem, aos ambientes naturais e às atividades sócio-econômicas (e.g., turismo, atividades pesqueiras, extrativistas, maricultura).

O emblemático acidente ocorrido com o navio *Exxon Valdez* na baía de Prince William, no Alasca, em 1989, por ter ocorrido em área abrigada com elevados recursos biológicos e importantes atividades sócio-econômicas, ficou marcado como um dos piores eventos ambientais do mundo contemporâneo. O desastre levou os órgãos responsáveis pela regulação das atividades da indústria do petróleo no mundo a estabelecerem uma legislação internacional que, no âmbito ambiental, traçou diretrizes quanto às atividades de prospecção, transporte e armazenamento de petróleo e derivados (KETKAR, 2002).

A Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em caso de Poluição por Óleo (OPRC 90), passou a vigorar em 1995, sendo o Brasil um de seus signatários. Um dos principais aspectos estabelecidos pela convenção é que os países deverão estabelecer planos nacionais de contingência, a partir de planos individuais de emergência (terminais, portos, plataformas).

No Brasil, a Lei Federal 9.966, de 22 de Abril de 2000, regulamenta as ações ligadas ao transporte e armazenamento de óleo. Esta lei define que o órgão federal do meio ambiente, em consonância com o disposto na OPRC 90, consolidará os planos de contingências locais e regionais, na forma do Plano Nacional de Contingência.

Os planos de contingência estabelecem as diretrizes de ações de resposta aos derramamentos de óleo de um terminal, porto, cidade, estado ou país, dependendo da escala do evento (IPIECA, 2000).

As ações destinadas a minimizar os impactos de um derramamento de óleo incluem a definição dos responsáveis pelas ações, os recursos disponíveis para o combate a acidentes e o estabelecimento de áreas prioritárias para a proteção. Um dos principais objetivos do planejamento de resposta é reduzir, tanto quanto possível, as conseqüências ambientais de um acidente. Esse objetivo é alcançado quando os locais mais sensíveis, as áreas prioritárias de proteção e os métodos de limpeza para cada área estão pré-definidos. Nesse contexto inserem-se as Cartas de Sensibilidade a Derramamentos de Óleo, conhecidas como cartas SAO (JENSEN et al.,1998). Tais cartas disponibilizam documentos cartográficos que servem como ferramenta crítica no planejamento de ações e respostas em acidentes de derramamento de óleo. São, desta forma, um componente essencial e fonte de informação primária para o planejamento de contingência e avaliação dos danos ambientais em casos de derramamentos de óleo; representam um instrumento fundamental para o balizamento das ações de resposta a vazamentos de óleo, por possibilitarem a identificação dos ambientes mais sensíveis, o que orienta o direcionamento dos recursos e induz a uma maior eficiência das equipes de apoio em campo.

2 - LEGISLAÇÃO

2.1 - Legislação Internacional

A segurança marítima e a prestação de assistência aos casos de acidentes em que há ameaça à vida humana, à propriedade ou risco de poluição ambiental são temas que vêm norteando as convenções internacionais. A partir da promulgação dos documentos destas convenções surgem leis específicas; todas têm, em comum, o fato de regulamentarem o uso pacífico dos oceanos (POFFO, 2000). Entende-se por uso pacífico dos oceanos o conceito de que a poluição decorrente de atividades marítimas e terrestres e a exploração descontrolada dos recursos minerais e biológicos devem ser evitadas (CNIO, 1999).

Existem muitas convenções internacionais direcionadas à prevenção dos derramamentos de óleo no mar, assim como aquelas relacionadas direta ou indiretamente com outras fontes de poluição marinha - incluindo produtos químicos, resíduos perigosos, material nuclear, segurança da navegação e poluição de origem terrestre. Aqui serão abordadas, em ordem cronológica, as principais convenções que já foram ratificadas pelo Brasil.

CLC 69 - *Civil Liability Convention (CLC)* ou Convenção sobre a Responsabilidade Civil a danos causados por poluição de óleo: realizada em Bruxelas, em 1969, tem como objetivo principal estabelecer o limite de responsabilidade civil por danos a terceiros causados por derramamentos de óleo no mar, excluindo-se os derivados claros, como gasolina, óleo diesel e querosene. Criou um sistema de seguro compulsório que se aplica aos navios petroleiros dos países signatários. Esta Convenção está ratificada por 79 países, entre eles o Brasil. É importante salientar que os Estados Unidos não são signatários desta convenção.

MARPOL 73/78 - Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios (1973). Foi alterada pelo Protocolo de 1978 e por uma série de emendas, a partir de 1984, visando introduzir regras específicas para estender a prevenção da poluição do mar às cargas perigosas ou hidrocarbonetos. As

regras da MARPOL passam por um processo dinâmico de aperfeiçoamento em função das inovações tecnológicas, científicas e políticas (POFFO, 2000; CALIXTO, 2000).

A MARPOL 73/78 contempla atualmente seis anexos, um deles ainda em discussão:

- Anexo I – Regras para prevenção da poluição por óleo; entrou em vigor em 01/10/1983 e vêm passando por uma série de modificações visando seu aprimoramento.
- Anexo II - Regras para o controle da poluição por substâncias nocivas líquidas transportadas a granel; entrou em vigor em 06/04/1987.
- Anexo III - Regras para prevenção da poluição ocasionada por substâncias nocivas, transportadas por mar em embalagens (fardos, *containers*, tanques portáteis ou vagões tanques ferroviários e rodoviários); entrou em vigor em 01/07/1992.
- Anexo IV - Regras para a prevenção da poluição por esgotos provenientes de navios; ainda não entrou em vigor.
- Anexo V - Regras para prevenção da poluição por lixo provenientes dos navios; entrou em vigor em 31/12/1998.
- Anexo VI - Regras para prevenção da poluição por emissões gasosas provenientes dos navios; ainda não entrou em vigor.

De acordo com a MARPOL, entende-se por substância nociva: “qualquer substância que, despejada no mar, é capaz de gerar riscos para a saúde humana, danificar os recursos biológicos e a vida marinha, prejudicar as atividades recreativas ou interferir em outras utilizações legítimas do mar. Inclui toda substância sujeita a controle pela presente convenção”.

As principais medidas acordadas pela MARPOL são:

- Necessidade de realizar vistorias iniciais, periódicas e intermediárias nos navios.

- Proibição da descarga de óleo ou misturas oleosas no mar, a menos que o petroleiro esteja a mais de 50 milhas náuticas da terra mais próxima, navegando em sua rota, e que o regime de descarga do conteúdo não exceda 60 L por milha náutica. A descarga poderá ser feita desde que o navio possua sistemas de monitoramento, controle de descarga de óleo e separador de água/óleo em operação.
- Comprometimento dos governos dos países signatários em assegurar a instalação de equipamentos e meios de recebimento da descarga de resíduos de óleo e misturas oleosas, tais como sobras de petroleiros e de outros navios nos terminais de carregamento de petróleo e derivados, nos portos de reparo e outros tipos de portos.
- Necessidade de dotar os novos petroleiros com arqueação maior ou igual a 70 mil ton., cujos contratos de construção foram assumidos a partir de 1976, de tanques com lastro segregado.
- Obrigatoriedade de possuir o livro de registro de óleo, no qual serão feitas anotações relativas a todas as movimentações de óleo, lastro e misturas oleosas, inclusive as entregas efetuadas às instalações de recebimento. Este livro é válido para os petroleiros de arqueação bruta maior ou igual a 150 ton., e para os cargueiros de arqueação maior ou igual a 400 ton. Todas essas operações deverão ser assinadas pelo oficial ou pelo tripulante responsável pelas mesmas.
- Procedimentos para descarga de substâncias nocivas líquidas.
- Procedimentos para embalagem, marcação, etiquetagem, documentação necessária e estivagem de substâncias prejudiciais transportadas por mar na forma de embalagens.

OPRC 90 - A Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em Casos de Poluição por Óleo (*Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation*).

Esta convenção foi estabelecida pela *International Maritime Organization* IMO, em 30/11/1990, em função do acidente ocorrido com o petroleiro *Exxon Valdez* no Alasca, em 1989, e do derramamento de óleo provocado pelo conflito geopolítico durante a primeira guerra do Golfo Pérsico. É a principal convenção

relacionada a derramamentos de petróleo e norteou todas as atividades dos países signatários quanto aos procedimentos de prevenção e combate a derramamentos de óleo, incluindo os Planos Nacionais de Contingência (PNCs) e as cartas SAO. Passou a vigorar em 1995.

A OPRC 90 visa facilitar a cooperação internacional e a assistência mútua no atendimento aos casos de vazamentos de óleo, além de incentivar os países a desenvolver e manter adequada capacitação para lidar, de maneira eficaz, com as emergências decorrentes deste tipo de poluição. Estende seu alcance às instalações portuárias que operam com hidrocarbonetos e derivados, além dos navios e plataformas.

Entre os principais aspectos estabelecidos destacam-se:

- Os estados devem exigir planos individuais de emergência dos responsáveis por instalações que manuseiam hidrocarbonetos e derivados.
- Cada país deverá estabelecer dois sistemas de resposta aos acidentes: o plano nacional de contingência (a partir dos planos individuais de emergência) e o internacional, contemplando a cooperação de dois ou mais países, se necessário.
- Os navios devem ser providos de manual de instruções para os procedimentos de emergência (não se aplica aos navios militares, de auxílio naval ou operados por um governo com fins que não sejam comerciais).
- A notificação dos acidentes aos países envolvidos deve ser feita rapidamente.
- Os países poderão solicitar a cooperação internacional quando os acidentes ocorrerem, devendo também promover a cooperação nas áreas de pesquisas relacionadas com a prevenção da poluição por óleo.
- A IMO deverá prover informação, educação, treinamento e serviços de consultoria internacional durante os acidentes.

2.2- Legislação Nacional

Aqui serão abordadas as principais leis brasileiras sobre poluição por óleo no mar e assuntos correlacionados. As leis foram organizadas em ordem cronológica.

Lei Federal 8.630/93: Lei dos Portos

Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. Serão abordados alguns capítulos e artigos relacionados particularmente à prevenção e combate de acidentes.

Capítulo VI - Da Administração do Porto Organizado.

Art. 30. Será instituído, em cada porto organizado ou no âmbito de cada concessão, um Conselho de Autoridade Portuária.

XI - promover estudos objetivando compatibilizar o plano de desenvolvimento do porto com os programas federais, estaduais e municipais de transporte em suas diversas modalidades.

XII - assegurar o cumprimento das normas de proteção ao meio ambiente.

Art. 33. A administração do porto é exercida diretamente pela União ou pela entidade concessionária do porto organizado. Compete à administração portuária, dentro dos limites da área de influência do porto.

VII - fiscalizar as operações portuárias, zelando para que os serviços se realizem com regularidade, eficiência, segurança e respeito ao meio ambiente.

X - promover a remoção de embarcações ou cascos de embarcações que possam prejudicar a navegação das embarcações que acessam o porto.

Cabe à administração do porto, sob coordenação da autoridade marítima:

XI - delimitar as áreas de fundeadouro, de fundeio para carga e descarga, de inspeção sanitária e de polícia marítima, assim como as destinadas a plataformas e demais embarcações especiais, navios

militares e submarinos, navios em reparo ou aguardando atracação e navios com cargas inflamáveis ou explosivas.

Lei Estadual N° 9.346, de 14/03/1996 – Medidas Preventivas para Evitar Derramamentos de Óleo e Produtos Químicos no Litoral Paulista.

Estabelece medidas preventivas para evitar derramamento de petróleo e seus derivados ou outros produtos químicos no litoral do Estado.

Art. 1º - Os responsáveis por portos, terminais, embarcações, instalações, equipamentos ou sistemas que operem no litoral do Estado de São Paulo e que manuseiem petróleo, seus derivados ou outros produtos químicos deverão adotar as medidas preventivas necessárias a evitar ocorrências que causem ou possam causar riscos ou danos à saúde, à segurança e à integridade de pessoas, ao meio ambiente e aos bens de valor estético, histórico, turístico ou paisagístico;

§ 1º - Na minimização dos efeitos, no caso das ocorrências de derramamentos, as instalações portuárias deverão dispor de equipamentos de combate, em quantidade e tipologia suficientes, compatíveis com os produtos e as quantidades manuseadas, e técnicos treinados para operá-los.

§ 2º - A operacionalização das ações de prevenção e combate no caso das ocorrências de derramamentos, deverá estar prevista em plano de segurança próprio, articulado com os demais organismos envolvidos na questão.

Art. 2º - Os órgãos estaduais responsáveis pela defesa do meio ambiente e pela defesa civil, além do Corpo de Bombeiros, em estreita colaboração com os órgãos federais e municipais competentes poderão, complementarmente, adotar medidas ou fazer as exigências necessárias, tanto para prevenir a ocorrência dos eventos referidos no artigo anterior, como para reduzir seus efeitos.

Parágrafo único - os órgãos, a que se refere este artigo, poderão determinar a imediata paralisação do manuseio de petróleo, seus derivados ou outros produtos químicos, até que sejam tomadas as medidas

adequadas, sempre que esta atividade estiver sendo executada em condições de risco ou em desacordo com as normas internacionalmente aceitas.

Decreto Legislativo Nº 2.508 de 04/03/98 - MARPOL

Este decreto estabelece regras para a prevenção de poluição por óleo, por substâncias líquidas nocivas transportadas a granel, em fardos, *containers*, tanques portáteis ou vagões, tanques rodoviários e ferroviários e também por esgotos e lixo provenientes de navios. As normas estabelecidas dirigem-se aos navios, portos e terminais. Aprova, com reservas, os textos da Convenção Internacional para Prevenção da Poluição Causada Por Navios (MARPOL), protocolo de 1978. As reservas referem-se ao Art. 10 – Solução de Controvérsias e aos Anexos III, IV e V, os quais, por serem opcionais nos termos desta convenção, não terão caráter mandatário para o país.

Decreto Legislativo Nº 43 de 01/06/98 – OPRC 90

Ratifica a Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em Casos de Poluição por Óleo (OPRC 90), estabelecida pela IMO em 30/11/90. Destacam-se os seguintes artigos:

Art. 6°. O país deve estabelecer um sistema nacional para responder pronta e efetivamente aos incidentes de poluição por óleo. Este sistema incluirá, como designação mínima:

- I. A autoridade nacional competente responsável pelo preparo e resposta em caso de poluição por óleo;
- II. O ponto ou pontos operacionais de contato, de âmbito nacional, responsável pelo recebimento e pela transmissão de relatórios sobre poluição por óleo;
- III. Uma autoridade credenciada para agir em nome do Estado, para solicitar assistência ou tomar a decisão de prestar a assistência solicitada;
- IV. Um plano nacional de contingência, para preparo e resposta que inclua a relação organizacional entre os diversos órgãos envolvidos, públicos e privados.

Lei Federal Nº 9.966 de 28/04/2000: Lei do óleo e substâncias nocivas.

Estabelece os princípios básicos a serem obedecidos na movimentação de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em portos organizados, instalações portuárias, plataformas e navios em águas sob jurisdição nacional. Aplica-se às embarcações e plataformas nacionais ou estrangeiras, portos, instalações portuárias e dutos. É composto de sete capítulos, sendo que o primeiro aborda definições e classificações. Os demais são sucintamente apresentados a seguir.

O órgão federal de meio ambiente, em consonância com o disposto na OPRC 90, consolidará os planos de contingência locais e regionais na forma do Plano Nacional de Contingência, em articulação com os órgãos de defesa civil.

Capítulo II - sobre os sistemas de prevenção, controle e combate à poluição: determina que os portos organizados, instalações portuárias, plataformas e navios devem dispor obrigatoriamente de instalações ou meios adequados para o recebimento e tratamento dos diversos tipos de resíduos gerados nas atividades de movimentação e armazenamento de óleo e substâncias nocivas ou perigosas, assim como para o combate da poluição. Deverão também elaborar manual de procedimento interno para o gerenciamento de risco de poluição a ser aprovado pelo órgão ambiental competente.

Os artigos 7 e 8 mencionam que aqueles estabelecimentos deverão dispor de planos individuais de emergência para o combate à poluição por óleo e substâncias nocivas ou perigosas, os quais serão submetidos à aprovação do órgão ambiental competente; estes serão consolidados pelo mesmo órgão ambiental competente, na forma de planos de contingência locais ou regionais, em articulação com os órgãos de defesa civil.

Capítulo III - sobre o transporte de óleo e substâncias nocivas ou perigosas: os artigos 10 e 11, tratam da obrigatoriedade dos navios e plataformas portarem o Livro de Registro, no qual deverão ser feitas anotações relativas a todas as movimentações de óleo, lastro e misturas oleosas, inclusive as entregas efetuadas às instalações de recebimento e tratamento de resíduos. Este livro poderá ser requisitado pela autoridade marítima, pelo órgão ambiental competente e pelo órgão regulador da indústria de petróleo.

Capítulo IV, trata da descarga de óleo, substâncias nocivas ou perigosas e lixo: os artigos 15, 16 e 17 proíbem a descarga de substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional, incluindo água de lastro, resíduos de lavagem de tanques ou outras misturas que contenham tais substâncias, exceto se atendidas algumas condições, como os casos permitidos pela MARPOL 73/78, e se o navio encontrar-se fora dos limites de áreas ecologicamente sensíveis.

O artigo 23 define que a entidade exploradora de porto organizado ou de instalação portuária, o proprietário ou operador da plataforma ou de navio e o concessionário ou empresa autorizada a exercer atividade pertinente à indústria de petróleo, responsáveis pela descarga de material poluente em águas nacionais, “são obrigados a ressarcir os órgãos competentes pelas despesas por ele efetuadas para o controle ou minimização da poluição causada, independente de prévia autorização e de pagamento de multa”.

O artigo 28 estabelece que o órgão federal do meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente – MMA), ouvida a autoridade marítima (Marinha do Brasil – MB), definirá a localização e os limites das áreas ecologicamente sensíveis e estabelecerá as diretrizes para o mapeamento dessas áreas, de forma a subsidiar a gestão e o controle das áreas costeiras e marinhas sensíveis a derramamentos de óleo. Este artigo é especialmente importante para o presente estudo, pois a área objeto da pesquisa foi definida como ecologicamente sensível pelo MMA.

Resolução CONAMA Nº 293 De 12/12/2001: PEI - Plano de Emergência Individual

Tendo como referência a Lei Federal 9.966/00, apresenta as orientações sobre o conteúdo mínimo que um Plano de Emergência Individual deve apresentar para incidentes de poluição por óleo originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos, plataformas, bem como suas respectivas instalações de apoio. Estes planos devem ser apresentados ao órgão ambiental competente.

Decreto Federal N° 4.871 de 06 de Novembro de 2003: Plano de Área

Este decreto institui a necessidade de elaboração do plano de área por portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos ou plataformas. O plano de área deve ser realizado a partir dos planos individuais de emergência e deve estar em consonância com o Plano de Contingência Nacional. Deve ser realizado a partir da verificação da área de abrangência (de impactos por derrames de óleo) das instalações, sendo seus requisitos mínimos: **o mapeamento de sensibilidade a derramamentos de óleo segundo o que preceituam as Cartas SAO** e a definição dos materiais e responsáveis pela resposta de emergência.

Síntese

De acordo com a OPRC 90, os países signatários deverão estabelecer um Plano Nacional de Contingência, através dos planos individuais e regionais de emergência, além dos planos de área. A Lei Federal 9966 institui as diretrizes para a elaboração do Plano Nacional de Contingência e delega ao Órgão Federal do Meio Ambiente a responsabilidade de estabelecer as diretrizes para elaboração deste plano. Uma das partes constituintes do plano de contingência é a definição das áreas sensíveis a derramamentos de óleo; a definição destas áreas dá-se por meio do mapeamento de sensibilidade dos ecossistemas. Considerando-se o fato de que o órgão federal do meio ambiente é o regulador das ações para a elaboração do Plano Nacional de Contingência, o Brasil, através do Ministério do Meio Ambiente - MMA, elaborou o documento "especificações e normas técnicas para elaboração das Cartas de **Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo, cartas (SAO)**".

3- CARTAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL A DERRAMAMENTOS DE ÓLEO - HISTÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 - Índice de sensibilidade do litoral (ISL) a derrames de óleo.

Uma das primeiras classificações quanto à sensibilidade dos ambientes litorâneos ao contato com 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 “deposição” e permanência do óleo. Em síntese, um ambiente seria mais ou menos sensível ao óleo de acordo com seu nível de exposição ao hidrodinamismo e ao seu tipo de substrato. Quanto mais elevado o hidrodinamismo, mais efetiva é a limpeza natural do ambiente, e portanto, menor a sua sensibilidade ao óleo. Substratos consolidados, por outro lado, são menos vulneráveis ao óleo, uma vez que os hidrocarbonetos têm maior dificuldade de penetrá-los. Já nos substratos inconsolidados, a granulometria é o fator determinante: ambientes com sedimentos finos foram classificados como menos “vulneráveis” do que ambientes com sedimentos grosseiros e cascalho. Assim, os referidos autores classificaram os ambientes numa escala crescente de “vulnerabilidade”, de 1 a 10: 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, planícies estuarinas abrigadas e 10- marismas e manguezais.

Outras abordagens têm sido propostas para o mapeamento da sensibilidade dos ambientes litorâneos. Abdel-Kadert et al. (1998) propuseram uma classificação de sensibilidade do litoral para um parque nacional no Egito utilizando técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e integrando as seguintes variáveis: índices de 1 a 10 de Gundlach e Hayes (1978); valores culturais e sociais; valor científico; valor econômico e recreacional; valor ecológico. Os autores chegaram a um mapa definindo três classes de áreas com prioridade para a proteção.

Moe et al. (2000) elaboraram uma metodologia de análise da sensibilidade baseada na avaliação a longo prazo dos impactos do óleo sobre as comunidades biológicas, levando em consideração tanto os parâmetros físicos como biológicos; isso porque, segundo aqueles autores, “na maioria dos casos os mapas são baseados nos parâmetros físicos dos ambientes e nos efeitos do óleo. O componente recurso natural, o real motivo ambiental para a trabalho, é freqüentemente esquecido. Nestes casos, os mapas são considerados mais instrumentos técnicos do que uma eficiente ferramenta ambiental nos planos de contingência para derramamentos de óleo, avaliação de impacto ambiental e análise de risco ambiental”

Tsouk e Amir (1986) discutem uma metodologia de classificação das praias de Israel de acordo com sua capacidade de auto-limpeza aos derrames de óleo. Os resultados dos autores são inconclusivos, mas discutem a generalização da classificação da sensibilidade das praias de acordo com o critério de hidrodinamismo e granulometria, uma vez que estes fatores são variáveis no tempo e no espaço.

Nansingh e Jurawan (1999) propuseram um índice de sensibilidade para o litoral de Trinidad baseado, além das características físicas dos ambientes, numa classificação quantitativa da diversidade biológica. Essa classificação não se afastou daquela proposta por Gundlach e Hayes (1978), a não ser pelo fato da inserção de recifes de coral como o ecossistema mais sensível depois dos manguezais.

A partir da classificação proposta por Gundlach e Hayes, (1978), os primeiros mapas de sensibilidade foram elaborados nos Estados Unidos. Como componentes dos Planos de Contingência, continham apenas a classificação do litoral de acordo com o índice de “vulnerabilidade”.

Owens e Robilliard (1981) realizaram uma reavaliação da definição de sensibilidade do litoral e propuseram que, além da classificação de acordo com a sensibilidade baseada centralmente nos parâmetros físicos, outros fatores importantes devam ser considerados (e.g., definição mais precisa da sensibilidade biológica, locais de reprodução e alimentação de espécies sensíveis, inclusive de acordo com sua variabilidade temporal). Aquelles autores destacam que “um local pode ser ocupado por um grande número de espécies vulneráveis e ser altamente sensível apenas poucas semanas durante o ano” como, por exemplo,

um local de reprodução de tartarugas marinhas. Destacam, ainda, a importância da avaliação e representação dos recursos de uso humano, a acessibilidade à costa e os critérios de limpeza.

A partir de 1989, os mapas de sensibilidade começaram a ser elaborados contendo três tipos principais de informações espaciais: a classificação da sensibilidade dos ambientes de acordo com os índices de sensibilidade na escala de 1 a 10; os recursos biológicos sensíveis ao óleo; e os recursos de uso humano de valor comercial, recreacional ou de subsistência (JENSEN et al 1998).

O serviço nacional de administração dos oceanos e da atmosfera dos Estados Unidos (NOAA – *Ocean Service National Ocean and Atmospheric Administration*) estabeleceu um manual de elaboração de mapeamento de sensibilidade a derrames de óleo, em razão da necessidade de se padronizar os mapas produzidos naquele país (NOAA, 2002). No Brasil, a primeira tentativa neste sentido foi realizada por Araújo et al. (2002). Depois o MMA, baseando-se amplamente nas propostas da NOAA, (2002), elaborou um documento oficial visando padronizar a elaboração das Cartas de Sensibilidade Ambiental, Cartas SAO (MMA, 2004).

As cartas SAO no Brasil tiveram o índice de sensibilidade do litoral (ISL) modificado, levando-se em consideração os ambientes brasileiros. No entanto, os princípios de classificação são os mesmos abordados anteriormente. O índice classifica os ambientes com valores de 1 a 10, em ordem crescente de sensibilidade: costões rochosos expostos, praias de areia fina, praia de areia grossa, praia de cascalho, áreas intermarés planas expostas, costões rochosos abrigados, áreas intermarés planas abrigadas, manguezais e marismas. Uma descrição detalhada dos critérios de classificação dos ambientes pode ser encontrada em MMA (2004).

A classificação dos ambientes consiste na separação dos ambientes litorâneos (praias, manguezais, estuários, costões rochosos etc) de acordo com suas características físicas, persistência natural do óleo e condições de limpeza e/ou remoção. Os recursos biológicos nas cartas SAO incluem plantas e animais sensíveis ao óleo, com informações em nível de espécie. Neste aspecto, as informações mais importantes referem-se às concentrações de espécies sensíveis, áreas de alimentação, reprodução, berçários, habitat de nidificação e áreas de trânsito/rotas de migração. As atividades de uso humano que compõem os mapas de

sensibilidade são aquelas que possam ser prejudicadas por derramamentos de óleo ou pelas ações de resposta, como áreas de lazer, pesca, maricultura, unidades de conservação, sítios históricos, culturais e de pesquisa (MMA, 2004).

Segundo IPIECA (1996), as cartas de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo são ferramentas estratégicas de abrangência local e regional. As de caráter regional são utilizadas para grandes vazamentos e planejamento regional, onde os usuários serão os órgãos responsáveis pelo direcionamento de recursos de combate em nível nacional e internacional. Aquelas de abrangência local são utilizadas para pequenos derrames, geralmente pelos órgãos locais de controle ambiental.

No Brasil, o MMA (2004) estabeleceu ordens de grandeza para os derramamentos de óleo em função do volume, considerando: pequenas descargas (volume de até 8 m³), médias descargas (de 8 a 200 m³) e grandes descargas (acima de 200 m³). Desta maneira, as cartas SAO devem atender aos diversos tipos de derramamentos, desde os maiores até os pontuais localizados em áreas específicas. Para isso, o MMA (2004) definiu três categorias de cartas: as estratégicas, com abrangência regional; as cartas táticas, com abrangência intermediária; e as cartas operacionais, que devem incorporar feições detalhadas do litoral, em áreas de alto risco e/ou de alta sensibilidade ecológica.

3.2 - Fatores ambientais envolvidos na sensibilidade dos ambientes a derrames de óleo e seus derivados

A sensibilidade dos ecossistemas litorâneos a derramamentos de óleo deriva, centralmente, das características que determinarão o nível de exposição ao hidrodinamismo, tipo de substrato e sensibilidade da sua biota (TORTELL, 1992). Essa diferenciação apenas faz sentido no tocante à sistematização da classificação, uma vez que esses fatores estão amplamente relacionados. Por exemplo, a exposição ao hidrodinamismo muitas vezes é função da declividade do litoral, enquanto que a produtividade, riqueza e diversidade biológica do ambiente estão conectadas ao tipo de substrato e do hidrodinamismo.

Estudos realizados após alguns derramamentos de óleo mostraram que os impactos aos ambientes litorâneos estão fortemente relacionados com seu nível de exposição hidrodinâmica (GUNDLACH; HAYES, 1978; MICHEL et al., 1978). Isso porque o nível de exposição ao hidrodinamismo influencia tanto a chegada do óleo ao ambiente, como a sua limpeza, seja natural ou realizada pelo homem.

Dois fatores principais determinam o hidrodinamismo: a exposição direta à força das ondas e ao fluxo de maré. Assim, num evento de derramamento, a quantidade de óleo passível de permanecer por mais tempo em ambientes expostos é reduzida, pois a ação da energia das ondas e marés auxilia na remoção natural do óleo. Contrariamente, ambientes abrigados possuem maior tendência de acumulação do óleo, devido a uma menor ação da energia de ondas e maré.

A declividade da linha costeira é um dos fatores que determina a extensão da zona intermarés. No entanto, a declividade deve ser analisada levando-se em consideração os diferentes ambientes que compõe a linha costeira. Por exemplo, praias possuem declividade naturalmente menor que costões rochosos, assim como manguezais possuem declividade naturalmente menor que praias. A importância da inclinação é seu efeito na reflexão e quebra das ondas, onde, em ambientes com inclinação muito elevada, o espraiamento e refluxo das ondas fazem com que o tempo de permanência do óleo seja reduzido. Considerando-se um mesmo regime de marés, a declividade do ambiente determinará a extensão da área entremarés, ou seja, a área sujeita a ser atingida por óleo: faixas de baixa declividade possuem maior área entremarés, comparativamente a outras de maior declividade.

O tipo de substrato do ambiente irá determinar a permeabilidade, porosidade e mobilidade dos sedimentos, interferindo na infiltração do óleo e assim no seu tempo de permanência e nos métodos de limpeza empregados. Assim, substratos inconsolidados, como as areias das praias, possuem maior potencial de penetração do óleo. Da mesma maneira, substratos consolidados como os arrecifes, recifes de coral e costões rochosos possuem menor potencial de penetração do óleo (GUNDLACH; HAYES, 1978).

A sensibilidade biológica de um ecossistema pode ser entendida como a reação de sua comunidade biológica a um impacto ambiental. O nível de tal reação será percebida pelo grau de alterações ocorridas no

âmbito da produtividade, densidade, riqueza e diversidade biológica. Odum (1998), considera que a produtividade de um ecossistema é a sua capacidade de fornecer energia ao sistema, como a produção de matéria orgânica, por exemplo. Densidade é a razão entre número de organismos por uma determinada área ou volume. Riqueza biológica é a medida da quantidade de espécies presentes em uma determinada área, enquanto que diversidade biológica é a medida do número de populações presentes numa área e a sua equitatividade, ou seja, o quão uniforme as populações biológicas estão distribuídas em termos de indivíduos (BEGON et al., 1996).

O impacto a uma comunidade será maior ou menor, a depender da resistência ou da resiliência da comunidade. A resistência de uma comunidade é a capacidade inerente que possui de não se alterar funcionalmente depois de um impacto. A resiliência pode ser entendida como a capacidade de retorno de uma comunidade às condições originais após sofrer um certo impacto. Quanto mais rápida sua capacidade de retorno maior é a sua resiliência. A resistência e resiliência, por sua vez, dependerão das características estruturais da comunidade como riqueza e diversidade.

Há indícios de que comunidades com maior diversidade biológica possuem maior resistência e menor resiliência, pois, devido ao grande número de interações que existem entre os níveis tróficos, o efeito de um dado impacto pode não alterar funcionalmente a comunidade; no entanto, uma vez alterada as relações tróficas por um dado impacto, há uma grande dificuldade de retorno às condições anteriores. Comunidades com baixa diversidade tendem a possuir menor resistência e maior resiliência, pois a estrutura trófica mais simples tende a se alterar facilmente, da mesma forma que se reestrutura rapidamente (BEGON et al., 1996).

Assume-se que os aspectos biológicos mais importantes a serem considerados na classificação de sensibilidade dos ambientes tropicais são: riqueza, diversidade biológica, sensibilidade das espécies presentes, nível de maturidade da população/comunidade, nível de sucessão, entre outros.

Um aspecto importante a ser considerado é que todos os fatores anteriormente citados para a determinação da sensibilidade dos ambientes a derramamentos de óleo podem variar de acordo com períodos anuais ou plurianuais. As características físicas de alguns ambientes, e principalmente o

hidrodinamismo, podem variar em diferentes épocas do ano, e com isso a sensibilidade dos ambientes. Os recursos biológicos também apresentam variação sazonal, sendo que, em alguns períodos do ano, determinados ambientes podem abrigar espécies que estejam em estágios do ciclo de vida altamente sensíveis.

3.3 - Evolução na Elaboração das Cartas SAO: os Sistemas de Informação Geográfica

Sistemas de Informação Geográfica, SIGs, são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Tais dados representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la (BORROUGH, 1987).

Segundo Bonham-Carter (1994), a habilidade para sintetizar automaticamente tanto "layers" de dados geográficos como banco de dados de entidades espaciais é a chave para a definição funcional do SIG. A utilização de SIGs facilita a integração de dados coletados de fontes heterogêneas, de forma transparente ao usuário final. Os usuários não estão restritos a especialistas em um domínio específico. Cientistas, gerentes, técnicos, funcionários de administração de diversos níveis e o público em geral vêm usando tais sistemas com frequência cada vez maior.

Os dados de um SIG podem ser organizados sob a forma de um banco de dados geográfico. Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos. De uma forma geral, as funções de processamento de um SIG operam sobre dados em uma área de trabalho definida pelo usuário. A ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento do SIG é feita por mecanismos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados, que podem ser espaciais ou não (CÂMARA et al., 1996).

Até 1993 as cartas de sensibilidade ambiental eram produzidas em papel. Desde então, cartas digitais têm sido produzidas utilizando-se SIGs e sensoriamento remoto. Com o incremento dessas novas tecnologias, as cartas de sensibilidade deixaram de ser produtos restritos, tornando-se uma ferramenta com demandas em vários formatos. Isto inclui mapas digitais para serem visualizados em computadores pessoais, que podem ser disponibilizados na *web*, e um complexo SIG relacionando, de forma rápida e sistematizada, um maior número de informações. Os SIGs trouxeram, também, enormes facilidades de atualização das cartas, uma vez que novas informações podem ser agregadas aos mapas, na medida em que vão sendo adquiridas (JENSEN et al. 1998). Por outro lado, a incorporação de informações de natureza geográfica num SIG possibilita os mais variados tipos de análise espacial, permitindo o uso destes dados para melhor compreensão dos fenômenos espaciais.

A elaboração das cartas SAO demanda grande quantidade de informações descritivas e espaciais, de modo que a sensibilidade dos vários ambientes seja analisada e representada com a maior segurança possível. Esta grande quantidade de informações gera a necessidade da organização dos dados em sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBD), que funcionam integrados ao Sistemas de Informação Geográfica (SIG). É importante salientar que as definições para elaboração das cartas SAO no Brasil não estabelecem os critérios para a organização das informações obtidas pelo mapeamento num ambiente SIG, especificando de que forma os atributos devem se relacionar entre si e no espaço.

Uma vez organizadas as informações dentro de um ambiente SIG, tem-se o banco de dados alfanumérico, com todas as variáveis e atributos necessários ao processo de elaboração das cartas SAO, associado a uma base espacial com relações topológicas. A organização de grande quantidade de dados permite disponibilizar o sistema para outras atividades de enorme importância para o país e a sociedade, tais como o gerenciamento costeiro, o planejamento urbano, o controle do acesso às áreas de preservação ambiental, etc. Os dados podem ser disponibilizados via internet, aumentando a rapidez e a eficiência do processo.

4 - AS CORRENTES DE DERIVA LITORÂNEA E A SENSIBILIDADE DAS PRAIAS OCEÂNICAS A DERRAMAMENTOS DE ÓLEO

O transporte de sedimentos e a morfologia das praias estão relacionados com a atuação de processos oceanográficos físicos (ondas, marés, ventos e as correntes geradas por cada um desses fatores). Segundo Batista Neto et al. (2004), as ondulações que chegam à linha de costa sofrem efeitos de refração e difração gerando perturbações na direção de propagação das ondas. Desta maneira, quando os sentidos de propagação das ondas convergem para um local, há concentração de energia, predominando a erosão. Contrariamente, quando os sentidos de propagação divergem, há dispersão de energia, prevalecendo a deposição.

As ondas incidentes na linha de costa geram grande variedade de correntes costeiras; se predominam aquelas paralelas à praia, estas são chamadas de correntes longitudinais ou de deriva litorânea (KOMAR, 1991). As correntes de deriva litorânea são mais ativas na zona de surfe e também são o principal agente de movimentação e retrabalhamento dos sedimentos ao longo da costa.

Cada setor da costa com um determinado sentido de deriva costeira forma uma célula de circulação costeira. Cada célula consiste de três zonas: zona de erosão, onde se origina a corrente, havendo maior atuação da energia das ondas; zona de transporte, através da qual os sedimentos são transferidos ao longo da costa; e zona de deposição ou acumulação, onde a corrente termina, e há diminuição da atuação de energia das ondas. Quando duas células estão presentes, lado a lado, duas situações podem ocorrer: se a área for de terminação de duas células, então haverá convergência de correntes, podendo ocorrer intensa acumulação e/ou o desenvolvimento de uma terceira componente, a corrente de retorno. Se o local for de divergência de correntes, então predominará o processo erosivo. Uma célula de circulação costeira pode começar e terminar ao longo de um pequeno trecho, de poucas dezenas de metros, ou pode se prolongar por quilômetros de distância (TAGGART; SCHWARTZ, 1988).

Levando-se em consideração que as correntes de deriva litorânea são as principais agentes de transporte de sedimentos longitudinalmente às praias - e de acordo com as células de deriva litorânea é possível identificar zonas de erosão, transporte e deposição - essa abordagem será considerada com relação à sensibilidade das praias a derramamentos de óleo.

Locais onde ocorre a origem das correntes de deriva e, portanto, processos erosivos, podem ser considerados como menos sensíveis ao óleo, não só porque haverá uma maior tendência de retirada do óleo deste local pela ação das ondas (limpeza natural), como também existe menor probabilidade de acumulação do óleo na praia. As áreas de transporte podem ser consideradas como de sensibilidade intermediária, pois os processos erosivos e deposicionais atuam em menor escala. As áreas onde atuam processos deposicionais podem ser consideradas como de maior sensibilidade, uma vez que as direções das correntes litorâneas convergem para estes locais e, além disso, a probabilidade de deposição de material sobre o óleo, após este ter atingido a praia, é maior.

5 - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual da Ilha do Cardoso - PEIC, administrado pelo Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, localiza-se no litoral sul do Estado de São Paulo, na divisa com o Estado do Paraná, abrangendo uma área de aproximadamente 151 Km² (Fig. 1).

A Ilha do Cardoso faz parte do sistema estuarino Cananéia-Iguape. O sistema possui quatro ilhas principais (Cardoso, Cananéia, Comprida e Iguape). Essas ilhas encontram-se separadas por sistemas de canais lagunares e rios, que se comunicam com o Oceano Atlântico. O Canal de Ararapira separa a Ilha do Cardoso do continente, vindo do mar de cananéia em sentido sudeste até o extremo sul da ilha, onde deságua no oceano (SUGUIO; TESSLER, 1992). A baía de trapandé limita a Ilha do Cardoso ao norte, sendo sua desembocadura, a barra de Cananéia, a principal fonte de trocas de água do mar com as águas do sistema estuarino (BÉRGAMO, 2000).

A localização e vias de acesso ao Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) têm como referência o município de Cananéia e o município de Ilha Comprida. De Cananéia, o acesso à ilha é feito por barcos via Baía de Trapandé, que permite a chegada até à base de pesquisa do parque ou, via Canal de Ararapira, até a localidade de Marujá.

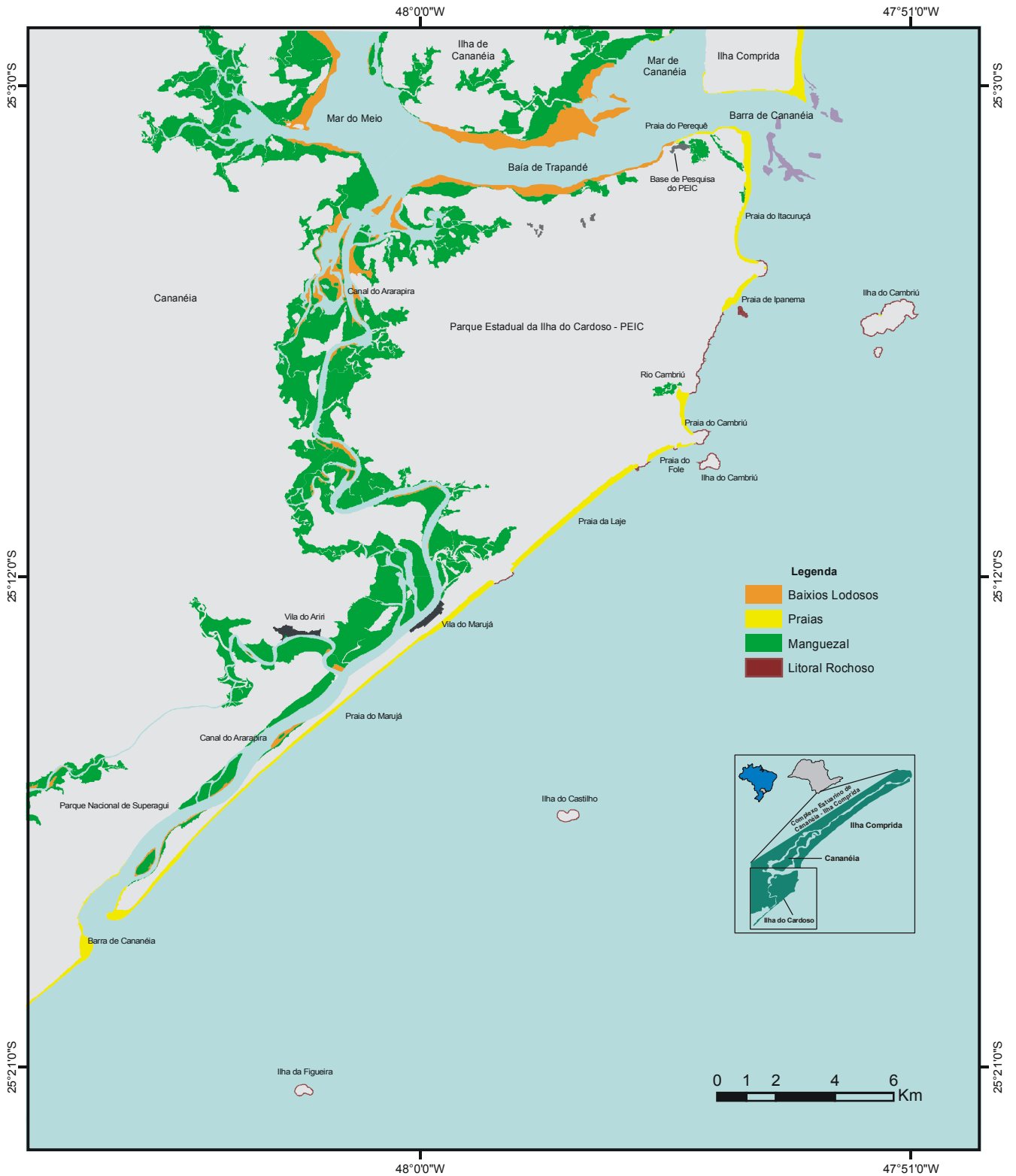


Figura 1 – Mapa de localização e principais ambientes litorâneos da área de estudo.

5.1 - Clima

Segundo Fonzar (1994), a circulação atmosférica no sul da América do Sul é controlada pelo Anticiclone Tropical Atlântico (ATA), quente e estacionário, e pelas incursões dos anticiclones migratórios frios como o Anticiclone Polar Atlântico (APA).

O Estado de São Paulo encontra-se em uma faixa de transição onde ocorre o confronto entre os climas controlados pelos sistemas tropicais e extra-tropicais (polares), além dos fenômenos frontológicos (SANT'ANNA NETO, 1994). Na costa do Estado de São Paulo, a Massa tropical Atlântica, que é originária da ATA e está associada a ventos alísios de direção E e NE, atua durante o ano todo. O APA é representado pela Massa Polar Atlântica (PA), pela Massa Polar Velha (PV) e pela Frente Polar Atlântica (FPA). Durante a ação da PA atuam ventos de SW-S-SE, que mudam para E e NE na ação da PV. A FPA, conhecida como frente fria, é provocada pelo choque entre sistemas tropicais e polares, sendo mais rigorosa no inverno, mas podendo ocorrer durante o ano todo.

Segundo Sant'anna Neto (1994), o clima do litoral sul do Estado de São Paulo (Cananéia e Peruíbe) é controlado por massas tropicais e polares, caracterizado por grande variação de pluviosidade, forte participação das massas polares e passagens frontais, e distribuição quantitativa das chuvas variando de acordo com a topografia.

A região apresenta valores pluviométricos máximos de janeiro a março com média mensal de 266,9mm e mínimos em julho e agosto, com média mensal de 95,3mm. A precipitação média anual é de 2300 mm, em uma série de 29 anos. As chuvas estão relacionadas a verões chuvosos e invernos secos. A temperatura média anual é de 23,8°C, sendo a temperatura média mensal mais alta a de fevereiro (27,8°C) e a média mensal mais baixa a de julho (19,8°C), (SILVA, 1989).

5.2 - Hidrologia

A água doce que chega ao Sistema Estuarino de Cananéia – Iguape é proveniente de uma bacia de drenagem de aproximadamente 23.350 Km², cujo elemento principal é o Rio Ribeira de Iguape (MISHIMA et al. 1985). Um valor médio anual de 43 m³.s⁻¹ para a descarga deste rio foi obtida por (Bonetti; Miranda, 1997).

Besnard (1950) classificou a região como um sistema lagunar, baseado em características oceanográficas e morfológicas. O autor sugeriu a ação das correntes costeiras como a principal condicionante no transporte de sedimentos.

Kato (1966), analisando parâmetros físico-químicos coletados no entorno da Ilha de Cananéia, verificou que a maior parte da água oceânica que penetra na região estuarina-lagunar, durante a maré enchente, passa através da Barra de Cananéia e toma a direção oeste, pela Baía de Trapandé; uma quantidade menor entra pelo Mar de Cananéia. Durante as marés vazantes, com a retirada de água do sistema, observa-se uma grande velocidade de correntes através da estreita passagem do Mar de Cananéia.

O Mar de Cananéia é um canal raso e até recentemente, antes do rompimento da barragem do Valo Grande, foi classificado como do tipo parcialmente misturado e fracamente estratificado, (BONETTI FILHO, 1995; MIRANDA et al., 1995; MIYAO, 1977; MIYAO et al., 1986; MYIAO; HARARI, 1989).

Lorenzetti (1976) observou um atraso de aproximadamente uma hora na propagação da onda de maré entre a Ilha do Bom Abrigo e a estação maregráfica de Cananéia. Miyao (1977) e Miyao et al. (1986) classificaram o sistema de circulação como do tipo parcialmente misturado, de acordo com o critério de estratificação da salinidade.

Bérgamo (2000), estudando o sistema de circulação, estratificação e transporte de sal na região, em diferentes períodos do ano e em ciclos de marés completos, constata que a região que se apresenta mais energética (velocidade da coluna d'água) é a barra de Cananéia (no verão, com valores de 2,0 m.s⁻¹ para marés enchentes, e -1,0 m.s⁻¹ para marés vazantes). A Baía de Trapandé foi a menos energética, com os

menores valores de intensidade de corrente e salinidade. Segundo aquele o autor, a mistura entre as águas oriundas da drenagem continental e de mar aberto é mais efetiva no sentido do Mar de Cananéia.

5.3 - Oceanografia

A costa paulista está sob um regime de micromarés (< 2 m), do tipo semi-diurna com desigualdades diurnas.

Miyao e Harari (1989) estudaram as correntes de maré e as marés de acordo com séries temporais e demonstraram que a circulação na região de Cananéia é predominantemente gerada por marés semidiurnas, com valores extremos de 0,83 m e 0,13 m para amplitudes de sizígia e de quadratura, respectivamente.

O vento é o principal agente formador de ondas no oceano. As ondas incidentes, também conhecidas como gravitacionais, são as mais regulares. Têm direção de propagação bem definida e apresentam pequena esbelteza, período longo e cristas arredondadas. Ondas geradas por ventos locais, chamadas de vagas (*sea waves*), são irregulares e apresentam características opostas às anteriores. Um terceiro tipo de ondas, as secundárias, forma-se a partir do movimento e energia das ondas gravitacionais. A energia da onda refletida na face praial pode ser reintegrada ao oceano ou ficar aprisionada na zona costeira (THURMAN; TRUJILLO, 2002).

Na costa do Estado de São Paulo, durante a atuação da Massa Polar Atlântica e dos Sistemas Frontais, são geradas ondulações de SSW, S e SSE. As ondulações de SE, E e NE estão principalmente vinculadas à atuação da Frente Polar Velha (fase pós-frontal) e à Massa Tropical Atlântica (SOUZA, 1997).

No litoral de São Paulo, os levantamentos sobre os regimes de ondas são escassos e geralmente restritos. Levantamentos para a região de Cananéia e Ilha Comprida (TESSLER, 1988) apontam a predominância de ondulações do quadrante SE ao longo do ano, estando as ondas de SW-S associadas a passagens de frentes frias.

Souza (1997), estudando os processos deposicionais nas praias de Ilha Comprida, sugere, para o inverno, uma ligeira predominância de correntes litorâneas, atuando no sentido SE, embora o transporte para SW também seja ativo; no verão foi observada predominância de transporte para SW.

5.4 - Ambientes Litorâneos

Os ambientes litorâneos encontrados no Parque Estadual da Ilha do Cardoso e no seu entorno, apresentam, na porção oceânica, um predomínio de extensas praias intercaladas com costões rochosos. Ainda, na porção oceânica da ilha, ocorre um manguezal associado à desembocadura do Rio Cambriú.

Na porção estuarina (áreas protegidas), predominam os ambientes associados aos processos de erosão e deposição flúvio-marinha-lagunar. De acordo com feições características dos canais, formam-se bancos de areia e bancos de lama. Os manguezais são o ambiente predominante na porção estuarina da ilha e do continente.

Manguezais

Manguezal é um "ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés. É constituído por espécies lenhosas típicas (angiospermas), além de micro e macroalgas (criptógamas), adaptadas à função de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio. Ocorre em regiões abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies de animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços" (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Saenger et al. (1983) consideram que os manguezais brasileiros correspondem, aproximadamente, a 25.000 Km², distribuídos entre as latitudes 04°30'N a 28°30'S. Dos manguezais brasileiros, 24% ocorrem no Estado de São Paulo, sendo que os manguezais da área de estudo, compreendem maioria dos manguezais paulistas.

Segundo Cintrón et al. (1985) os manguezais podem ser classificados considerando três tipos fisiográficos: ribeirinho, franja e ilhote, e bacia.

Os bosques ribeirinhos desenvolvem-se às margens dos rios e devido ao fluxo de água rica em nutrientes (descarga de águas doces e marés) apresentam alto grau de desenvolvimento estrutural. Os bosques de franja e ilhote seriam característicos das margens de costas protegidas, caracterizadas pelas variações diárias das marés. Os bosques de bacia se estabelecem nas partes mais internas dos bosques ribeirinho ou de franja. Nesse último tipo fisiográfico, a renovações da água faz-se mais lentamente, dentro de uma área ampla, limitando gradientes físico-químicos.

Na porção estuarina do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) e do continente, os manguezais distribuem-se na planície litorânea ao longo das margens do canal de Ararapira e de outros canais adjacentes; ocupam cerca de 8% da superfície do PEIC (NOFFS; BATISTA-NOFFS, 1982).

Nos manguezais da região, as árvores de *Rhizophora mangle* localizam-se nas franjas e as de *Laguncularia racemosa* situam-se em áreas com menor penetração das marés e com sedimentos arenosos. Há um forte gradiente estrutural na vegetação, com as árvores de franja apresentando cerca de 10 metros de altura e as áreas mais interiores dificilmente ultrapassando os 2,5 metros. Ao longo dos rios, em direção às nascentes, os manguezais vão sendo substituídos por uma vegetação de transição com a restinga (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995). *Conocarpus erectus* é observado em áreas de transição manguezal-continente (e.g., Rio Capivaru, DIAS-BRITO, com. pessoal).

Apesar de um número razoável de estudos sobre produção (MENEZES, 1994), dinâmica (CUNHA-LIGNON, 2001; COELHO-JUNIOR, 2003), zonation (COELHO-JUNIOR, 1998) e distribuição da microfauna (FUNO, 2005), os trabalhos apresentam-se concentrados numa área localizada a nordeste da Ilha do Cardoso, nos manguezais denominados Sítio Grande e Perequê. A maior parte do manguezal localizado ao longo do canal de Ararapira é ainda muito pouco estudada. Recentemente, Dalmora (2005), ofereceu uma contribuição ao estudo dos foraminíferos focalizando a área central deste canal e fornecendo, além disso, alguns dados sobre sua botânica.

Os manguezais da Ilha do Cardoso contribuem significativamente para a produtividade pesqueira da região.

Praias

As praias arenosas litorâneas podem ser caracterizadas como sistemas transicionais altamente dinâmicos e sensíveis, que constantemente ajustam-se a flutuações de níveis de energia locais e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidráulicos (HOEFEL, 1997). Segundo King (1972), o limite externo de uma praia (em direção ao mar) seria caracterizado pela profundidade na qual as ondas passariam a atuar no transporte efetivo de sedimentos; o limite interno (em direção à terra) é demarcado pelo limite no qual as ondas de tempestade atuam sobre o litoral.

As praias são um dos ecossistemas mais frágeis do planeta, possuindo uma importante função ambiental, que é a proteção do continente contra a ação destrutiva das ondas.

As praias podem ser formadas por sedimentos de diversas composições e granulometrias. Esta última variável, em combinação com o regime de ondas incidentes, determina a morfologia do perfil praiial (CALLIARI et al., 2003).

Há na literatura, em português ou inglês, uma grande discussão sobre as subdivisões e terminologias de praias. Aqui será adotada a nomenclatura proposta por Souza (2005). De acordo com a autora, as praias podem ser divididas, do continente para o mar em: pós-praia, estirâncio e face litorânea (fig. 2). A pós-praia é a zona que se estende do nível do mar na maré alta de sizígia até a base de uma falésia, duna, terraço marinho ou linha de vegetação permanente. O estirâncio corresponde a zona entre o nível do mar na maré alta de sizígia e o nível do mar na maré baixa de sizígia. A face litorânea compreende a zona entre o nível do mar na maré baixa de sizígia e o nível base de ação das ondas.

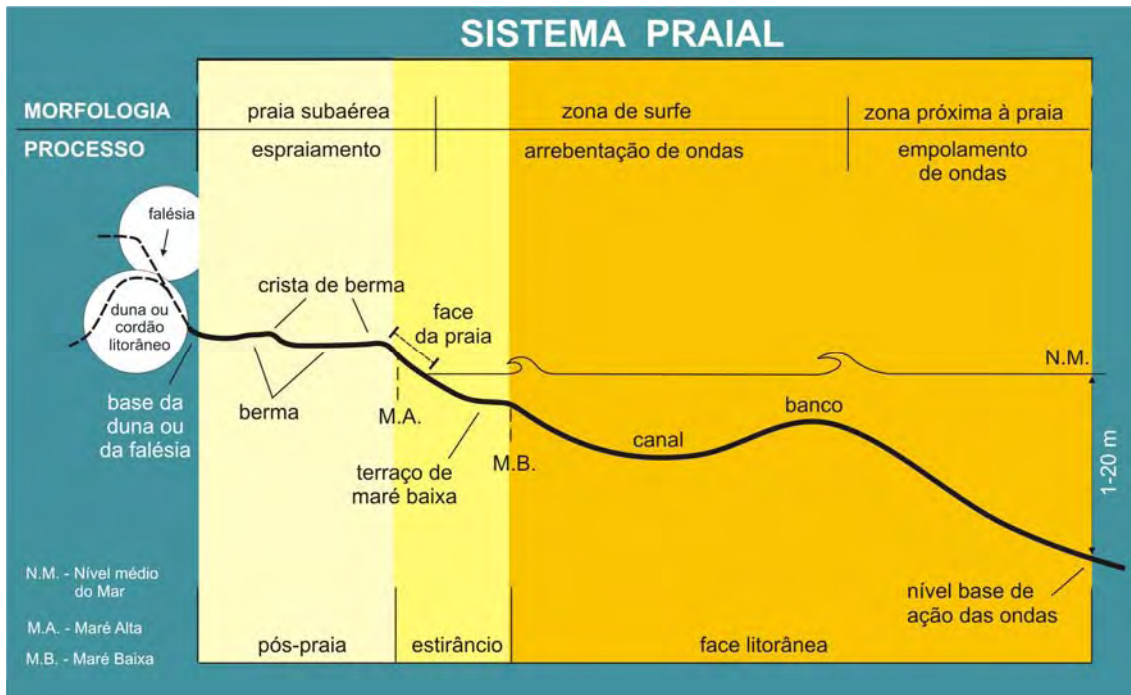


Figura 2 - Nomenclatura e limites do sistema praial. Fonte: (SOUZA, 2005).

As praias podem ser ainda classificadas de acordo com suas características morfodinâmicas e texturais, ou seja, morfologia do perfil, granulometria dos sedimentos, hidrodinamismo (tipo de quebra das ondas, grau de energia, ângulo de incidência). Sasaki (1980) apud Carter (1988), classificou as praias de acordo com três estados morfodinâmicos: dissipativo, intermediário e reflexivo. No estado dissipativo as praias apresentam-se largas e com baixos gradientes topográficos, elevados estoques de areias finas a muito finas e ondas altas de períodos longos. No estado reflexivo os gradientes da praia são elevados, a pós-praia é elevada devido à velocidade de espraiamento e há um maior estoque de areias médias a grossas. O estado intermediário pode ser caracterizado pela passagem de um estado para outro; no geral, a face da praia é íngreme, ocorrendo bancos e cavas.

Tessler et al. (1990) descreve as praias da região sul de São Paulo como de baixa declividade e de granulometria muito fina, limitadas por pequenas dunas com sedimentos iguais aos da praia.

Souza (1997) dividiu o litoral paulista em sete setores morfodinâmicos, sendo um deles o setor compreendido entre a praia de Ilha Comprida e a praia da Juréia, no município de Peruíbe. Este setor pode

ser comparado às praias do PEIC por estar adjacente àquelas, e, como sugere a autora, desenvolve-se no mesmo ambiente de ilha barreira que abriga o sistema lagunar-estuarino de Cananéia-Ilha Comprida-Iguape. As praias do setor são do tipo dissipativo de alta energia, com zonas de surfe largas e com baixas inclinações, em geral $< 3^\circ$ na face litorânea e $< 1,5^\circ$ na zona de estirâncio. A pós-praia não está presente ou é muito incipiente, sendo os perfis praias muito homogêneos e planos. As areias apresentam granulometria fina a muito fina, muito bem selecionadas, simétricas e mesocúrticas. Souza (1997) estudou, também, as variações morfológicas das praias da Ilha Comprida e observou que os perfis das praias no inverno mostraram-se mais inclinados e mais estreitos que os de verão. Quanto à granulometria foi observada uma ligeira diminuição no tamanho dos grãos no inverno e um aumento no verão.

Na porção oceânica do PEIC ocorrem sete praias arenosas que perfazem mais de 90% da extensão desta porção litorânea da ilha (ver mapa de cobertura da terra, pág. 4, Atlas de Sensibilidade). São elas, de sul para norte: a praia do marujá, a mais extensa - com aproximadamente 14 Km de extensão perfazendo toda a extensão da ilha barreira localizada entre o canal de Ararapira e o oceano (esta praia é dividida pelos moradores locais em pontal do leste, enseada da baleia e marujá, de sul para norte); as praias da laje, fole e folinho, separadas por costões rochosos; as praias de cambriú e ipanema, separadas também por um costão rochoso, e as praias de itacuruçá e perequê, esta última adentrando a barra de Cananéia.

Litoral Rochoso

Os litorais rochosos que são compostos por corpos ígneos, metamórficos ou metassedimentares. São aqui reunidos sob a denominação Litoral Rochoso, representam diferentes configurações em função da composição das rochas, história geológica e tempo de exposição às interpéries.

Os litorais rochosos são ambientes de transição, permanentemente sob a ação do vai e vem das marés. Com isso, nos pontos mais altos atingidos pelas marés prevalecem condições ambientais consideravelmente diferentes daquelas existentes nos níveis mais próximos ao ponto de maré baixa (distintos tempos de imersão e ação hidrodinâmica).

Os litorais rochosos, constituem habitats para uma variada e complexa comunidade animal e vegetal, representada por diversos grupos funcionais ou guildas, distribuídos ao longo de um intenso e abrupto gradiente ambiental (UNDERWOOD, 2000).

O grau de umidade ao longo da faixa entremarés nos litorais rochosos talvez seja o principal fator controlador da biota e está diretamente relacionado com o hidrodinamismo. Lewis (1968) discute a importância do hidrodinamismo na ecologia de costões, uma vez que interfere nas condições químicas e físicas da água, assim como nos processos biológicos de alimentação e reprodução. Durante os períodos de baixa-mar, a comunidade fica exposta ao ar e é submetida a variações de temperatura, dessecação, aumento ou redução da concentração salina, entre outros fatores.

De acordo com Stephenson e Stephenson (1949) os ambientes dos costões rochosos podem ser classificados em três zonas, com base na zonação das espécies ou grupos animais e vegetais que aí vivem:

Supralitoral – recebe apenas os borrifos das ondas e marés excepcionalmente altas.

Médio-litoral – área sob ação direta das marés enchentes e vazantes. O médio-litoral superior é delimitado pela franja (linha de transição dos limites superior e inferior da zona entremarés) do supralitoral; e o médio-litoral inferior é delimitado pela franja do infralitoral.

Infralitoral – área normalmente submersa, que só fica emersa em marés excepcionalmente baixas.

A largura de cada uma destas faixas ao longo do litoral rochoso está intimamente relacionada com o declive da rocha e o regime de ondas atuantes no local. Em situações onde as rochas recebem maior energia de ondas (expostas), a largura de cada uma das zonas e de faixas ocupadas tende a aumentar devido ao maior alcance das ondas em pontos mais elevados (OLIVEIRA-FILHO; MAYAL, 1976). Contrariamente, litorais rochosos abrigados da ação das ondas apresentam faixas ocupadas mais estreitas devido à baixa intensidade hidrodinâmica e menor umidade na região superior.

Litorais rochosos com declive acentuado têm faixas ocupadas estreitas se comparados com os de declividade suave. Nestes últimos, pequenas variações no nível de maré atingem extensões bem maiores de rocha, favorecendo maior dispersão da comunidade (OLIVEIRA-FILHO; MAYAL, 1976).

Os litorais rochosos abrigados apresentam maior chance de espécies mais frágeis se instalarem (OLIVEIRA-FILHO; MAYAL, 1976). Por outro lado, nestes locais, espera-se maior pressão de competição e predação uma vez que os recursos disponíveis são aproveitados por um número maior de espécies.

Outro fator importante em litorais rochosos é a própria configuração do substrato. Aqueles com presença de refúgios (fissuras, depressões, fendas etc) tendem a apresentar comunidades mais ricas em espécies.

Segundo Karmann et al. (1999) os litorais rochosos da porção oceânica da Ilha do Cardoso e das Ilhas do Castilho, Cambriú e Bom Abrigo estão associados a uma unidade geológica composta por rochas em que predominam os sienitos e quartzosienitos, com afloramentos de corpos compactos e acumulação de matacões. Uma exceção ocorre no litoral da Ilha do Cardoso que separa as praias de Ipanema e Itacuruçá (ponta do Itacuruçá), onde afloram rochas metassedimentares do tipo metapelitos. Esta unidade ocorre também em afloramentos da porção norte da Ilha, na Baía de Trapandé e no Canal do Ararapira. A Ilha da Figueira é formada por rochas metassedimentares pelíticas e psamíticas finas.

Vegetação Edáfica de Planície Litorânea (Vegetação de Restinga e Vegetação Pioneira de Dunas)

Este ambiente, apesar de não estar diretamente sujeito à ação de impactos por derramamentos de óleo, será discutido neste estudo, pois é um ambiente de transição adjacente às áreas de manguezal e praias, podendo estar sujeito a impactos nos momentos de combate e limpeza dos derramamentos. Destaca-se, neste sentido, a porção sul e norte da ilha, onde este ambiente ocorre adjacente às praias.

Pode-se considerar como “vegetação de restinga” o conjunto de comunidades fisionomicamente distintas, sob influência marinha, e flúvio-marinha, distribuídas em mosaico de fitofisionomia. São comunidades classificadas como edáficas por dependerem mais da natureza do solo do que do clima (SUGYAMA, 1998).

A vegetação de restinga abrange a maior parte da planície arenosa do PEIC, principalmente no que se refere às suas porções norte-nordeste e porção sul-sudeste.

Sugyama (1998) caracterizou duas áreas de restinga: restinga baixa e restinga alta. Segundo tal autora, a restinga baixa apresenta-se com árvores baixas que formam um dossel aberto de 4 a 7 metros, com copas irregulares e sem uma estratificação nítida, onde as árvores apresentam-se agrupadas em pequenas elevações que não passam de 50 cm de altura. As árvores (numa densidade de 8670 indivíduos por hectare) são bem ramificadas a partir da base, finas, tortuosas, com predomínio de bromélias, pteridófitas, briófitas e líquens no estrato herbáceo. A área denominada de restinga alta apresenta-se com árvores mais altas (numa densidade de 4652 indivíduos por hectare), pouco ramificadas a partir da base, com troncos mais grossos e maior espaçamento entre os indivíduos. O dossel é mais contínuo, exigindo maior quantidade de epífitas, tais como bromélias, orquídeas, aráceas e pteridófitas.

Na vegetação de restinga a família Myrtaceae é a que apresenta maior número de espécies onde se destacam: *Myrcia bicarinata*, *Eugenia umbelliflora*, entre outras, embora as famílias Clusiaceae, Bromeliaceae e Ericaceae sejam bem representativas.

A vegetação pioneira de dunas no PEIC distribui-se principalmente a nordeste, nas praias entre a Barra de Cananéia e a Ponta de Itacuruçá, e a sul, entre a Vila do Marujá e a Barra do Ararapira. Na faixa de pós-praia onde a areia não é consolidada, em que a salinidade é alta, a matéria orgânica é escassa e a água drena com rapidez, ocorrem poucas espécies pioneiras – destacando-se *Blutaporon portulacoides* (Amaranthaceae) - bem adaptadas a essas condições extremas. Afastando-se da faixa litorânea, a vegetação torna-se gradativamente mais densa e estratificada, por conta da diminuição da salinidade e maior consolidação do substrato; é a vegetação pioneira de dunas propriamente dita (MELO et al., 1991).

5.5 - Ilhas Oceânicas

A área de estudo engloba quatro ilhas oceânicas. São elas, de norte para o sul: a do Bom Abrigo, Cambriú, Castilho e Figueira (fig 1).

Ilha do Bom Abrigo – predomina o litoral rochoso, mas possui uma pequena enseada localizada em seu lado oeste onde ocorre uma pequena praia. Possui cobertura de mata pluvial alternada com gramíneas.

Ilha de Cambriú - esta ilha encontra-se bem próxima do PEIC. Possui cobertura de mata pluvial e o ambiente litorâneo predominante é o litoral rochoso. Há uma importante atividade pesqueira no lado oeste.

Ilha do Castilho – predomina o litoral rochoso. Algumas aves marinhas utilizam esta ilha para repouso e nidificação. Localiza-se a leste da Vila de Marujá.

Ilha da Figueira – composta por rochas metassedimentares. É um importante sítio de repouso de aves marinhas. Localiza-se a leste da Barra do Ararapira.

5.6 - Ocupação Humana e Recursos de Uso Humano

A ocupação humana atual não é homogênea ao longo do parque. As planícies são as áreas mais densamente povoadas, sendo a Vila de Marujá a mais expressiva, tanto em número de moradores tradicionais e recentes, quanto de veranistas com segunda residência (SMA, 2001). A maioria dos moradores vive principalmente da pesca artesanal (redes pequenas, gerival, cerco, redes de espera e lanceamento), sendo a agricultura a segunda opção de renda (MILANELO, 1997). Atualmente o turismo vem desenvolvendo um papel importante na economia, principalmente no período de alta temporada.

Segundo Mendonça (2000) a pesca no PEIC é realizada com vara, covo, picaré, tarrafa, rede de espera, gerival, arrastão de praia e o cerco fixo. O cerco é muito utilizado, sendo geralmente de propriedade familiar. Trata-se de uma grande armadilha onde o pescado pode permanecer por vários dias. A retirada do pescado ocorre na maré vazante e os pescadores visitam o cerco geralmente de três em três dias ou

diariamente na época da pesca da tainha. Essa atividade é especialmente sensível a derramamentos de óleo pois, além da contaminação do próprio cerco, o pescado está especialmente sujeito ao contato com o óleo uma vez que fica preso numa lâmina d'água pequena.

A pesca atualmente desenvolvida na região pode ser dividida em: pesca ao largo, pesca costeira e estuarina-lagunar. A pesca ao largo (de mar-a-fora) emprega embarcações de 9 a 16 metros de comprimento que permanecem no mar entre 10 a 20 dias. Destina-se principalmente à captura de camarão, vieira, lula e cação. A pesca costeira e estuarina emprega barcos de oito metros, sobretudo para a pesca com espinhel e de camarão. Essas embarcações são relativamente pequenas, o que permite o acesso aos pequenos canais da região estuarina (CRISPINO, 1997).

O patrimônio histórico-cultural do PEIC é especialmente importante. Uchoa e Garcia (1983) cadastraram 22 sambaquis no PEIC. Os sambaquis (do idioma Tupi = monte de conchas) Scatamacchia et al. (2003), são depósitos de conchas de moluscos acumulados pelo homem pré-histórico. Estes depósitos, de formas e dimensões variáveis, situam-se nas margens de rios e lagoas do estuário, sendo compostos, além das conchas, por artefatos de pedra, ossos, vestígios de fogueira e demais evidências da atividade humana.

Atualmente o turismo vem apresentando um papel importante no PEIC. A atividade está concentrada na Vila do Marujá, local com maior infra-estrutura. O turismo associado à pesca esportiva no estuário é uma importante fonte de renda para os moradores que alugam barcos, apetrechos de pesca e moradia para os pescadores.

Há, também, na porção norte da Ilha, no local denominado núcleo Perequê, o turismo ecológico, com a realização de passeios em trilhas, canoagem nos rios etc.

O PEIC se tornou um importante local de pesquisa do estado de São Paulo, apresentando uma boa infra-estrutura para instalação de pesquisadores no núcleo Perequê.

6 - JUSTIFICATIVA DO PRESENTE ESTUDO

6.1 - Vulnerabilidade da área a derramamentos de petróleo e derivados

A probabilidade de um derramamento de petróleo ocorrer na região está associada a um possível acidente envolvendo o tráfego de navios que transportam óleo e derivados, além de um acidente nos portos localizados ao sul (Porto de Paranaguá) e a norte (Porto de Santos).

O tráfego de navios com petróleo, na região ocorre tanto em escala nacional - com o transporte para e entre os portos, como em escala internacional (da região do Oriente Médio para o Atlântico Norte, rota Oceano Índico – Atlântico Sul).

Segundo IPIECA (2000), uma das principais rotas de transporte de petróleo no mundo vai do Oriente Médio, onde se localiza a maior produção de petróleo mundial, até o Golfo do México, passando pelo Atlântico Sul. Há também, em menor escala, uma rota de transporte vindo do centro - oeste da África para a região sudeste do Brasil. O transporte de longo alcance é realizado por navios de grande porte, que transportam até 300.000 t. de óleo. Um acidente envolvendo um petroleiro deste tipo, mesmo ocorrendo a longas distâncias do litoral, pode atingir a costa brasileira. Isso em razão do padrão de correntes superficiais no Atlântico Sul (corrente do Brasil). Este cenário hipotético tem como referência vários grandes acidentes mundiais de petróleo, como nos navios *Prestige* e *Érika*.

Os terminais portuários de Santos e Paranaguá são os que se encontram mais próximos da Ilha do Cardoso. A Tabela 1 apresenta os dados de movimentação de hidrocarbonetos destes portos para o ano de 2000.

Tabela 1 - Dados da movimentação de petróleo e derivados nos portos de Santos e Paranaguá no ano de 2000, modificado de Silva (2004).

Porto / Terminal	Localização	Cargas desembarcadas	Cargas embarcadas
Porto de Santos	Santos - SP	28.987t gasóleo	593.880t óleo combustível em consumo de bordo 1.983.126t óleo combustível 1.265.100t óleo diesel 1.449.858t gasolina
Porto de Paranaguá	Baía de Paranaguá - PR	204.493t derivados de petróleo (LC) 96.306t derivados de petróleo (CB)	79.148t derivados de petróleo (LC) 1.526.031t derivados de petróleo (CB)

LC= navegação de Longo Curso, CB= navegação de Cabotagem

Em novembro de 2004 o navio Vicunha atracado no Porto de Paranaguá, transportando querosene, explodiu e causou o vazamento do óleo combustível na baía. As manchas de óleo atingiram boa parte da Baía de Paranaguá e alcançaram o norte do Paraná, chegando ao Parque Nacional do Superaguí, que se localiza ao sul do Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Este fato mostra que um acidente no porto de Paranaguá pode atingir a área de estudo.

A maioria dos mapeamentos de sensibilidade costeira realizados em São Paulo e no Brasil, utilizando as cartas SAO, foi feito por empresas de consultoria contratadas para atender as demandas legais e às exigências de licenciamento ambiental. Normalmente estes trabalhos atendem e seguem a metodologia do MMA (2004), mas têm caráter expedito, limitados tanto pelos custos como pelos prazos administrativos e legais impostos às empresas. Com isso, muitas informações relevantes para a adequada contextualização ambiental deixam de ser consideradas [e.g., variações sazonais das condicionantes físico-químicas; detalhamentos com coletas e análises mais detalhadas (ex.: ensaios granulométricos das praias; estudo do comportamento do óleo ao penetrar sedimentos de praias com diferentes características permo-porosas);

levantamento mais aprofundado dos recursos biológicos e do quadro sócio-econômico das áreas sob mapeamento etc].

6.2 - Importância Sócio-Ambiental do Parque Estadual da Ilha do Cardoso

O fato da Ilha do Cardoso ser uma unidade de conservação, confere-se a essa área uma importância especial no tocante ao mapeamento de sensibilidade ambiental a derrames de óleo. Num mapeamento de escala regional esta área teria uma atenção especial e seria de alta sensibilidade e prioridade de proteção. A região de Cananéia foi sugerida como prioritária para o mapeamento em escala operacional devido à relevância do ecossistema pelo edital N° 4.871 de 06 de novembro de 2003, CT-PETRO/MCT/CNPq.

Ainda, os manguezais do sistema estuarino Cananéia-Iguape estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo, contribuindo significativamente para a produtividade pesqueira da região (MENEZES, 1995). Por outro lado, como já discutido, os manguezais são também os ecossistemas mais sensíveis a derramamentos de óleo, apresentando Índice de Sensibilidade (ISL) de valor 10 (MMA, 2004).

Nas águas do estuário existe uma das maiores populações conhecidas do boto-cinza *Sotalia fluviatilis* do Brasil. O Parque Estadual da Ilha do Cardoso é importante na conservação de 5 espécies de tartarugas-marinhas que ocorrem no Atlântico Sul, caracterizando-se como uma das mais importantes áreas de alimentação destas espécies ameaçadas de extinção. Além disso, a região estuarino-lagunar e praias de Cananéia e Iguape recebem populações de inverno de 13 espécies de aves marinhas. As ilhas costeiras próximas a Ilha do Cardoso possibilitam a ocorrência de uma das maiores colônias reprodutivas da fragata *Fregata magnificiens* e atobá-marrom *Sula leucogaster* do Atlântico Sul (SMA, 2001).

Destaca-se, ainda, a importância histórica cultural da região, com um grande número de sítios arqueológicos, e representando um dos últimos redutos da cultura caiçara do Estado de São Paulo.

6.3 - Cartas de sensibilidade ambiental como ferramenta para o gerenciamento costeiro

Segundo MMA (2004), além do planejamento de resposta a eventos de derramamentos de óleo, as cartas de sensibilidade ambiental, principalmente quando elaboradas em sistema de informação geográfica, apresentam-se como um poderoso instrumento de avaliação e gestão dos recursos marinhos e costeiros. É um componente valioso nos estudos de impacto ambiental, auxiliando na definição de locais de instalação de empreendimentos para a indústria do petróleo.

Os mapas de sensibilidade a derramamentos de óleo possuem maior utilidade prática num evento de derramamento de óleo, já que as áreas mais sensíveis ao óleo estão pré-definidas; assim, os recursos de combate ao acidente podem ser alocados para proteção dessas áreas.

As ações de limpeza das áreas afetadas também podem ser melhor efetuadas quando estão pré-definidas no Atlas de Sensibilidade. Este aspecto não está claramente definido pelas normas técnicas de elaboração das cartas SAO (MMA, 2004), sendo, no entanto, de grande valia no momento da ação de limpeza das áreas impactadas.

O impacto causado por um acidente também pode ser avaliado, uma vez que no banco de dados estão avaliados os recursos sócio-econômicos e biológicos das áreas. Constituem, também, um subsídio aos estudos de valoração dos ecossistemas afetados.

7 - OBJETIVOS

Realizar o mapeamento de sensibilidade a derrames de óleo do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC), nas escalas de 1:50.000 e 1:25:000, utilizando-se de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

7.1 - Objetivos específicos

- Mapear e caracterizar os ambientes costeiros do PEIC e entorno.
- Discutir criticamente a metodologia atualmente utilizada no mapeamento de sensibilidade a derramamentos de petróleo.
- Avaliar a diferença espacial e sazonal das praias com relação à sensibilidade a derramamentos de petróleo.

8 - MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de mapeamento da sensibilidade a derramamentos de óleo será baseada na proposta elaborada pelo MMA (2004) para as Cartas SAO, com algumas modificações, tendo em vista aspectos peculiares da área de estudo e a utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e um Sistema de Banco de Dados Geográficos. Tais ferramentas permitirão o gerenciamento das informações espaciais no mapeamento da sensibilidade dos ambientes litorâneos, dos recursos biológicos e dos recursos de uso humano.

8.1 – MATERIAIS

8.1.2 - Base Cartográfica

A base cartográfica utilizada neste estudo utiliza: a) cartas náuticas para a região marinha; b) cartas topográficas para a região terrestre; c) ortofotos cedidas pelo Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; d) e mapas temáticos.

As seguintes cartas, mapas e ortofotos foram utilizadas:

Cartas Topográficas

- Cananéia – SG-23-V-C-1-1. Escala 1:50.000. Ministério do Exército (DSG, 1971).
- Ariri – SG-22-X-D-III-2, Escala 1:50.000. (IBGE, 1972).
- Barra do Ararapira – SG-22-X-D-III-4. Escala 1:50.000. Ministério do Exército (DSG, 1971).

Cartas Náuticas

- Da ilha do Bom Abrigo à ilha do Arvoredo. N° 1800. Escala 1:284.530. Marinha do Brasil (MB, 1960).

- Porto de Cananéia. N° 1703. Escala 1: 24.000. Marinha do Brasil (MB, 1960).

Ortofotos. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Projeto de Preservação da Mata Atlântica. Escala 1:5:000. (SMA, 2000).

Mapas Temáticos

- Macrozoneamento do Complexo Estuarino Lagunar. Convênio CIRM/SMA. Folha – A. Escala 1:50.000. Parâmetros Oceanográficos. (SMA, 1990).
- Compartimentação Fisiográfica Aplicada à Avaliação de Terrenos – Subsídios Ao Planejamento Territorial do Município de Cananéia –SP. Base digital. Escala 1:50.000. (Oliveira, 2004).

8.2 - MÉTODOS

8.2.1- Definição da área do projeto

A área do projeto foi definida a partir dos critérios das zonas ecologicamente sensíveis, pois a região do estuário de Cananéia-Ilha Comprida-Iguape é definida como área de alta sensibilidade a derramamentos de petróleo pelo MMA (2004), que sugere a confecção de mapas operacionais para essas áreas (com escala de até 1:10.000). Os limites norte e sul do projeto foram definidos tendo-se, como referência, os ambientes litorâneos do Parque Estadual da Ilha do Cardoso e das áreas adjacentes; o limite leste foi definido de maneira a incorporar as ilhas oceânicas (ilha do Bom Abrigo, Cambriú, Castilho e Figueira); o limite oeste foi definido de maneira a incorporar os ambientes estuarinos.

A partir da definição da extensão da área a ser mapeada, foi realizado um levantamento geral dos dados disponíveis em bibliografia.

8.2.2 - Acerto da Base Cartográfica

A altimetria e drenagem foram obtidas de Oliveira (2004), a partir de arquivo digital. Os valores altimétricos das curvas de nível foram complementados com dados das cartas topográficas. Ainda, pequenos rios e canais que não estavam presentes no mapeamento de Oliveira (2004) em função da escala (1:50.000) foram complementados a partir das ortofotos.

A batimetria foi obtida a partir das cartas náuticas. Como as cartas náuticas utilizadas possuem escalas diferentes (N° 1800 – 1:284.530 e N° 1703 – 1:27.000), para que as cotas batimétricas pudessem ser utilizadas com maior segurança foi gerada uma interpolação (utilizando-se o método de Krigagem) para adensamento de pontos amostrais, a partir da qual foram geradas isolinhas de profundidade de 5, 10, 15 e 20 metros.

8.2.3 - Mapeamento Preliminar dos Ambientes Litorâneos

O mapeamento foi realizado com auxílio do software ArcView 9.1. Os ambientes litorâneos foram mapeados a partir de ortofotos (SMA, 2000) que permitem um detalhamento na escala de até 1: 2.500, na qual os ambientes litorâneos foram mapeados. Este mapeamento preliminar serviu de base para os trabalhos de campo, sendo que posteriormente a este, o mapeamento foi refinado com informações que não puderam ser visualizados apenas nas ortofotos.

Os ambientes litorâneos foram mapeados em função da classificação dos mesmos com relação a sua sensibilidade a derramamentos de óleo, assim, os seguintes ambientes foram mapeados: canais fluviais, praias oceânicas, praias estuarinas, costões rochosos, manguezais, vegetação alagada, vegetação de restinga e vegetação de dunas. Além dos ambientes litorâneos, o tipo vegetacional definido como vegetação pluvial litorânea também foi mapeado. Os ambientes foram delimitados em temas geográficos isolados, o que permite a visualização e análise de cada ambiente separadamente.

As praias foram delimitadas a partir das ortofotos, sendo que o limite superior foi demarcado a partir do início da vegetação, ou seja, a porção superior do pós-praia incluindo a berma; o limite inferior considerado foi o contato entre a água e o substrato arenoso. No entanto, este contato nem sempre é claro na interpretação da imagem. Em caso de dúvida optou-se, pela extrapolação da delimitação do contato inferior para a região marinha, acreditando-se que o limite inferior foi mapeado na franja da zona de estirâncio. Os costões rochosos foram mapeados levando-se em consideração a diferença de coloração na ortofoto devido à ausência de vegetação e com o suporte das cartas topográficas, de acordo com a proximidade e forma das curvas de nível. Os manguezais foram mapeados em função da diferença textural da imagem: como a vegetação do manguezal é homogênea e associada a solos saturados em água, apresentam nítidas diferenças com relação à coloração e textura. As vias de acesso e ocupação humana foram mapeadas a partir das ortofotos e cartas topográficas.

8.2.4 – Levantamento Preliminar das Informações de Atividades Humanas

O levantamento das atividades de uso humano foi realizado primeiramente a partir de dados bibliográficos. O levantamento realizado para o Plano de Manejo do PEIC (SMA, 2001) foi bastante útil neste caso, pois a localização de residências de moradores locais ou de veraneio, construções utilizadas para pesquisa, algumas estruturas náuticas, entre outras, haviam sido mapeadas com precisão adequada, e foram utilizadas neste estudo.

8.2.5 – Levantamento Biológico

Os recursos biológicos foram, na sua grande maioria, obtidos a partir do levantamento bibliográfico. As informações dos documentos científicos e técnicos foram sistematizadas, levando-se em consideração a inserção das informações no banco de dados das Cartas SAO. Desta maneira, as espécies foram reunidas

em grandes grupos (invertebrados marinhos não planctônicos, peixes, répteis e anfíbios, aves e mamíferos). Além disso, as informações sobre o habitat de vida das espécies ou grupo de espécies foram consideradas importantes, uma vez que as mesmas precisam ser mapeadas de acordo com o ambiente que em se encontram com maior frequência.

Foram compiladas e sistematizadas informações sobre alguns grupos biológicos.

- peixes – informações da comunidade ictiofaunística da Ilha do bom Abrigo (SAUL, 1994); canal de Ararapira (DINIZ-FILHO 1997); Baía de Trapandé (MENDONÇA 1998) e (MACIEL 2001).
- répteis – Villela (2004), Instituto de Pesquisas de Cananéia (comunicação pessoal)
- mamíferos – Santos (1999), Rollo Junior (2002), SMA (2001)
- aves – SMA (2001), Branco (2003).

O levantamento detalhado das informações biológicas não é o escopo central deste estudo; assim, não se esgotou aqui este levantamento. Ele será complementado pelo projeto de pesquisa, em andamento, que trata da elaboração de um banco de dados sobre a sensibilidade do litoral paulista a derramamentos de óleo (que está no escopo do grupo de trabalho de sensibilidade costeira – GT Sensibilidade do Programa de Formação de Recursos Humanos do PRH 05 UNESP).

Alguns ambientes e grupos taxonômicos dos ambientes litorâneos do PEIC e áreas de entorno são ainda muito pouco estudados. Atualmente, está em andamento – também no escopo do GT Sensibilidade e PRH 05 - um estudo sobre a macrofauna bêntica das praias oceânicas. Com relação aos litorais rochosos da região não é de conhecimento do autor qualquer estudo sobre a comunidade biológica presente.

8.2.6 - Campanhas de Campo

Após o levantamento de dados secundários foi realizado o levantamento de dados primários, *in loco*, através de campanhas de campo, que foram realizadas em julho/agosto de 2005 e dezembro de 2005/janeiro

de 2006. A campanha de dezembro/janeiro de 2005/2006 teve o objetivo de levantar informações morfológicas e texturais das praias, para verificar diferenças sazonais quanto aos parâmetros granulometria e perfil praial e uma possível mudança das derivas litorâneas e do índice de sensibilidade do litoral para estes ambientes.

As informações levantadas em campo foram divididas nas seguintes categorias: ISL [características físicas dos ambientes (tipo de substrato, declividade, granulometria); localização e caracterização dos ambientes litorâneos com relação ao seu estado de conservação e impactos antrópicos; informações referentes às características de uso humano (localização e caracterização) e localização e caracterização dos recursos biológicos].

No trabalho de campo, toda a porção litorânea da área foi percorrida. As informações foram colocadas em planilhas de campo sob diferentes categorias de informação (índice de sensibilidade do litoral, informações biológicas e de uso humano). Foram aplicados os modelos propostos pelo MMA (2004) com algumas modificações visando o maior detalhamento de algumas informações.

Em cada trecho foram obtidas fotografias da feição predominante, bem como dos pontos isolados, tais como ocupações ribeirinhas, elementos da fauna e flora. Tanto as fotografias como os pontos foram localizados por coordenadas geográficas e a eles atribuídos codificação específica.

8.2.6.1- Levantamento das características físicas dos ambientes

Os dados físicos dos ambientes foram levantados utilizando-se metodologias diferenciadas para cada ambiente, devido às diferenças intrínsecas a cada um. Alguns parâmetros são mais importantes para um determinado ambiente do que em outros. Assim, as metodologias e os parâmetros considerados variaram nos diferentes ambientes.

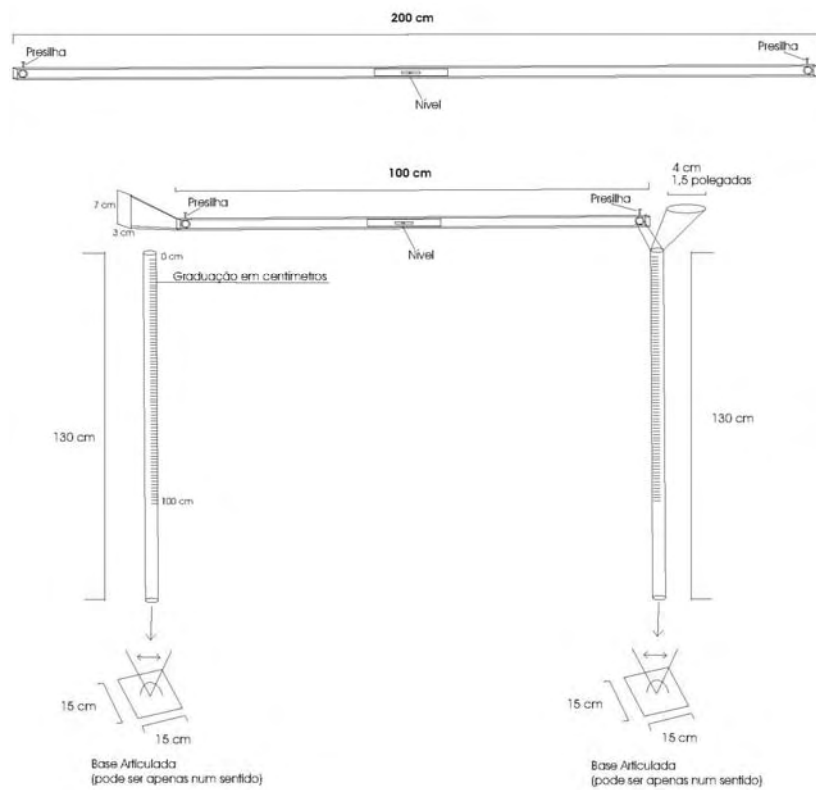
Praias

Na área de estudo as praias podem ser divididas em praias oceânicas, aquelas localizadas na porção voltada diretamente para o oceano, e as praias estuarinas, aquelas que estão associadas aos canais estuarinos. Os parâmetros descritos a seguir estão relacionados às praias oceânicas, sendo que as praias estuarinas, sendo por definição abrigadas da ação das ondas, estes parâmetros não foram avaliadas nos trabalhos de campo.

Perfil Topográfico – foram elaborados perfis intercalados a cada 2 Km de distância, em quase todas as praias, isso porque as praias da região são extensas e apresentam uma razoável homogeneidade quanto à declividade. Os perfis foram elaborados perpendicularmente à disposição longitudinal das praias, sendo elaborados sempre que possível no limite da maré baixa, até o início da vegetação. Desta maneira, os perfis das praias representam a porção que vai desde a franja da zona de estirâncio até o limite do pós-praia, inclusive a berma quando esta estiver presente. Os pontos dos perfis foram registrados com GPS.

O perfil topográfico das praias foi elaborado com auxílio de um declivímetro medindo-se a diferença topográfica perpendicular à praia a cada 2 metros (CETESB 1998). (Figura 3)

Declivímetro - medidor de declive e perfil de praias



- 2 peças horizontais de 1 e 2 metros com nível de bolha
- 2 peças verticais de 1,3 metros com graduação centimétrica até 1 metro
- 2 bases articuláveis

Figura 3. Declivímetro.

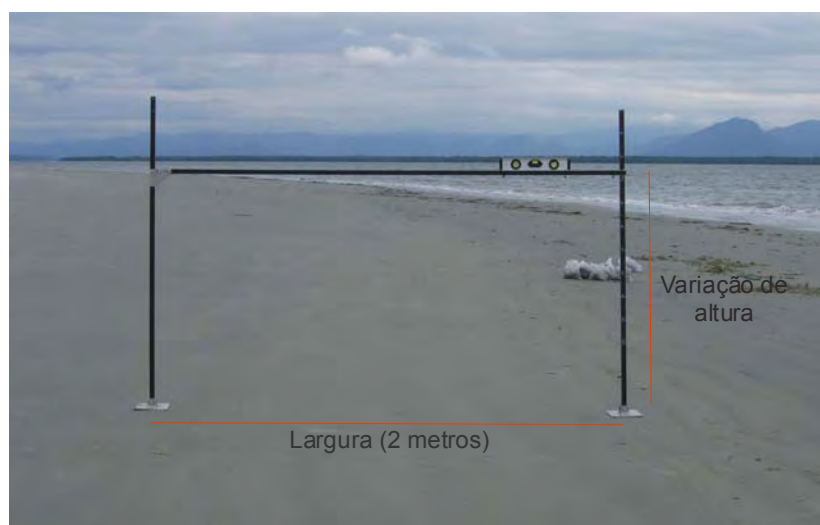


Figura 4. Declivímetro sendo utilizado nos trabalhos de campo.

Parâmetros texturais – As amostras colhidas para a avaliação granulométrica foram localizadas nos mesmos pontos de elaboração dos perfis topográficos (a cada 2 km). Amostras superficiais, com aproximadamente 100g, foram obtidas de pontos localizados no pós-praia, na porção intermediária da zona de estirâncio e na franja da zona de estirâncio.

Indicadores de avaliação das derivas litorâneas - Foram também observados outros aspectos importantes para a caracterização das praias e do sentido de transporte ao longo delas:

- 1- evidências de processos de erosão costeira.
- 2- evidências de processos de deposição praial ou assoreamento, nas extremidades das praias e em desembocaduras fluviais ou de canais de drenagem.
- 3- presença de bermas e cúspides praiais.

Litoral Rochoso

Declividade - para os costões rochosos foi definido um critério semi-qualitativo de declividade. Serão classificados como alto 60-90°, médio entre 30°-60° e baixo < 30° de inclinação e mista.

Tipo de litoral – o tipo de litoral foi identificado de acordo com suas características: rocha lisa, matacões e heterogêneo.

Heterogeneidade ou Refúgios - representam a quantidade de fendas, depressões, poças de maré, ranhuras, tocas de ouriço e cavidades presentes na rocha. Estes parâmetros foram avaliados visualmente e classificados segundo um critério qualitativo de alto, médio e baixo.

Manguezais

Os manguezais são por definição ambientes abrigados da ação de ondas, com declividade muito baixa e sedimentos com granulometria fina. No entanto, o manguezal não é um ecossistema homogêneo e sim um mosaico fisiográfico que pode apresentar diferenças quanto à sua sensibilidade aos derrames de óleo. O fator determinante para classificação de diferentes setores de um manguezal com relação à

sensibilidade ao óleo é o hidrodinamismo. Nesse aspecto, a ação de energia das ondas pode ser desprezada e leva-se em consideração a energia do fluxo de correntes e da maré. Jacobi e Schaeffer-Novelli (1990) propõem um modelo conceitual de sensibilidade de manguezais a derrames de óleo levando em consideração principalmente o hidrodinamismo presente em cada compartimento fisiográfico e estes seriam divididos de acordo com a topografia. No entanto, a subdivisão de grandes áreas de manguezais de acordo com gradientes topográficos torna-se inviável em mapeamentos de sensibilidade a derrames de óleo. Dias-Brito e Zaninetti, (1979) propõem um modelo de separação dos tipos fisiográficos do manguezal em áreas de progradação e erosão, ou seja, áreas em que, de acordo com feições características dos canais de drenagem, ocorre a deposição ou erosão dos sedimentos. Assim, nas áreas de progradação, ocorre menor hidrodinamismo, há a deposição gradual de sedimentos e o manguezal apresenta-se em "construção", ou seja, a vegetação de mangue coloniza as áreas onde o sedimento está sendo depositado. Nas áreas onde está havendo erosão, há maior hidrodinamismo, e não há colonização da vegetação.

Desta maneira, os manguezais apresentam distintos setores incluindo áreas de progradação, de maior sensibilidade, áreas intermediárias e de erosão, de menor sensibilidade. A tabela 2 a seguir, mostra os parâmetros de classificação dos manguezais.

Tabela 2- Tipos fisiográficos de manguezais e parâmetros observados nas ortofotos e em campo.

Tipo Fisiográfico	Parâmetros observados nas ortofotos	Parâmetros observados em campo
Erosão	Localizados, em geral, em áreas nas margens côncavas dos canais de drenagem, presença de faixas claras no interior dos manguezais (indicando substrato arenoso), coloração com verde menos intenso devido ao solo mais arenoso e tamanho das árvores mais reduzido.	Presença de evidências erosivas como barrancos marginais, árvores mortas ou declinadas.
Intermediário	Localizados em locais com canais de drenagem principais retilíneos, ausência de bancos de areia evidentes	Ausência de evidências erosivas e/ou de progradação
Progradação	Localizados nas margens convexas dos principais canais de drenagem, presença adjacente de baixios lodosos, coloração em verde intenso indicando substrato lamoso	Presença de baixios lodosos adjacentes, presença de sucessão da vegetação com bancos de marisma e plântulas ou jovens em desenvolvimento

8.2.6.2 - Levantamento Biológico

Nos trabalhos de campo, o levantamento biológico foi focado no grupo de aves, devido a ser o grupo de maior facilidade de levantamento visual, e também em virtude de ser o grupo mais conhecido por este autor. As aves foram identificadas com auxílio de guias de identificação pré-elaborados.

Para a espacialização das informações foi utilizada a seguinte metodologia: a porção estuarina da área foi percorrida de barco, incluindo os principais canais. Desta maneira, todos os indivíduos das espécies de aves aquáticas foram identificados com auxílio de binóculos e computados. Aproximadamente cada 2 Km percorridos a uma velocidade constante, foi registrado um ponto de localização com GPS, assim, todas as

espécies e indivíduos contados foram relacionados ao último ponto registrado, considerando então que o ponto registrado identifique todos aqueles indivíduos registrados entre um ponto e outro.

Outros aspectos como áreas de concentração, sítios de repouso ou alimentação foram identificados e obtidas as localizações espaciais. Os trabalhos de campo não tiveram o objetivo de levantamento sistemático de informações biológicas. Desta maneira, procurou-se superar esta deficiência com as informações bibliográficas.

Os dados de campo foram posteriormente inseridos no SIG, compondo-se o banco de dados do mapeamento. Após a tabulação e revisão dos dados, os mesmos foram representados nas cartas SAO de acordo com simbologia específica.

8.2.6.3 - Levantamento das atividades de uso humano

As atividades de uso humano foram levantadas sob um caráter essencialmente descritivo, ou seja, com o objetivo de localização e breve caracterização.

Dentre as principais atividades estão os principais pontos de pesca e sua classificação em pesca de subsistência, pesca esportiva e pesca industrial. As estruturas náuticas incluem piers, rampas, atracadouros etc. As diversas ocupações humanas incluem residências em geral, escola, bares, restaurantes, hotéis, pousadas, camping. Os pontos relacionados a sítios históricos e arqueológicos, envolvem os sambaquis, ruínas e marcos históricos. Finalmente, foram levantados os locais relacionados a acessibilidade com veículos ou embarcações de pequeno, médio ou grande porte. Todos estes pontos foram georeferenciados e descritos brevemente nas planilhas de campo.

8.3 - Trabalhos de Escritório e Laboratório

8.3.1 - Organização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e do Sistema de Banco de Dados Geográficos (SBDG)

A base cartográfica (ortofotos, cartas topográficas, cartas náuticas e cartas temáticas) foi uniformizada. Desta maneira, as cartas SAO foram elaboradas no sistema de coordenadas geográficas (SCG), datum SAD 69. Isso porque a área de estudo está localizada entre os fusos 22 e 23 da Projeção Universo Transverso de Mercator (UTM); assim evitou-se subdividir a área em dois fusos diferentes.

A partir da base cartográfica, os atributos geográficos referentes aos mapas de sensibilidade foram organizados em temas independentes.

Para a estrutura do banco de dados geográficos foram realizadas as seguintes etapas:

- 1- organização em temas geográficos, que representam cada uma das informações geográficas que se quer representar.
- 2- definição dos atributos relevantes, criação e alimentação das tabelas.
- 3- ligação de tabelas de dados.

A seguir serão descritas cada uma das etapas acima.

8.3.2 - Organização em temas geográficos

O software de Sistema de Informação Geográfica utilizado neste estudo foi o ArcGIS 9.1 e o sistema de gerenciamento de banco de dados foi o Access disponível para aplicativo Windows.

O ArcGIS possui uma forma de organização hierárquica de informações espaciais e dados tabulares (*geodatabase*) que foi utilizada neste estudo. O *geodatabase* divide-se em: *feature class*, que é uma coleção

de elementos espaciais com os mesmos tipos de geometria e atributos que podem ser pontos, linhas ou polígonos; *feature dataset*, que é uma coleção de *feature classes* que compartilham a mesma referência espacial e *object class* que pode ser entendido como tabelas externas dentro do geodatabase que armazenam dados que não são espaciais, ou seja, apenas dados tabulares.

O *geodatabase*, neste caso, gerencia todas as informações espaciais e não espaciais (tabulares) utilizadas nas Cartas SAO. Os *feature datasets* foram criados procurando organizar as informações espaciais por temas (exemplo: todos os *feature classes* referentes aos ambientes e feições mapeados foram organizados dentro de um *feature dataset* chamado "ambientes costeiros").

8.3.3 - Definição dos atributos relevantes, criação e alimentação das tabelas

Cada tema geográfico (*feature class*) possui uma ou mais tabelas de dados associadas, sendo que cada objeto (ponto linha ou polígono) mapeado representa uma linha na tabela.

As tabelas de atributos que estão associadas aos *feature classes* foram organizadas previamente, levando-se em consideração o tipo de atributo (numérico, texto) que se queria armazenar e a estrutura entre eles, pensando-se sempre na maior facilidade e agilidade de consulta e os relacionamentos entre as tabelas.

Para cada segmento homogêneo dos ambientes e feições mapeados foi atribuído um código. Através deste código é que as informações espaciais (objetos geográficos) foram associadas às informações não espaciais.

8.3.4 - ligação das tabelas de dados

Algumas informações referentes à geomorfologia e hidrodinamismo dos ambientes de praias e litorais rochosos foram organizadas em tabelas externas (não espaciais) e posteriormente associadas aos objetos geográficos através do código do segmento.

A figura 5 sintetiza a organização dos temas geográficos, objetos espaciais e atributos.

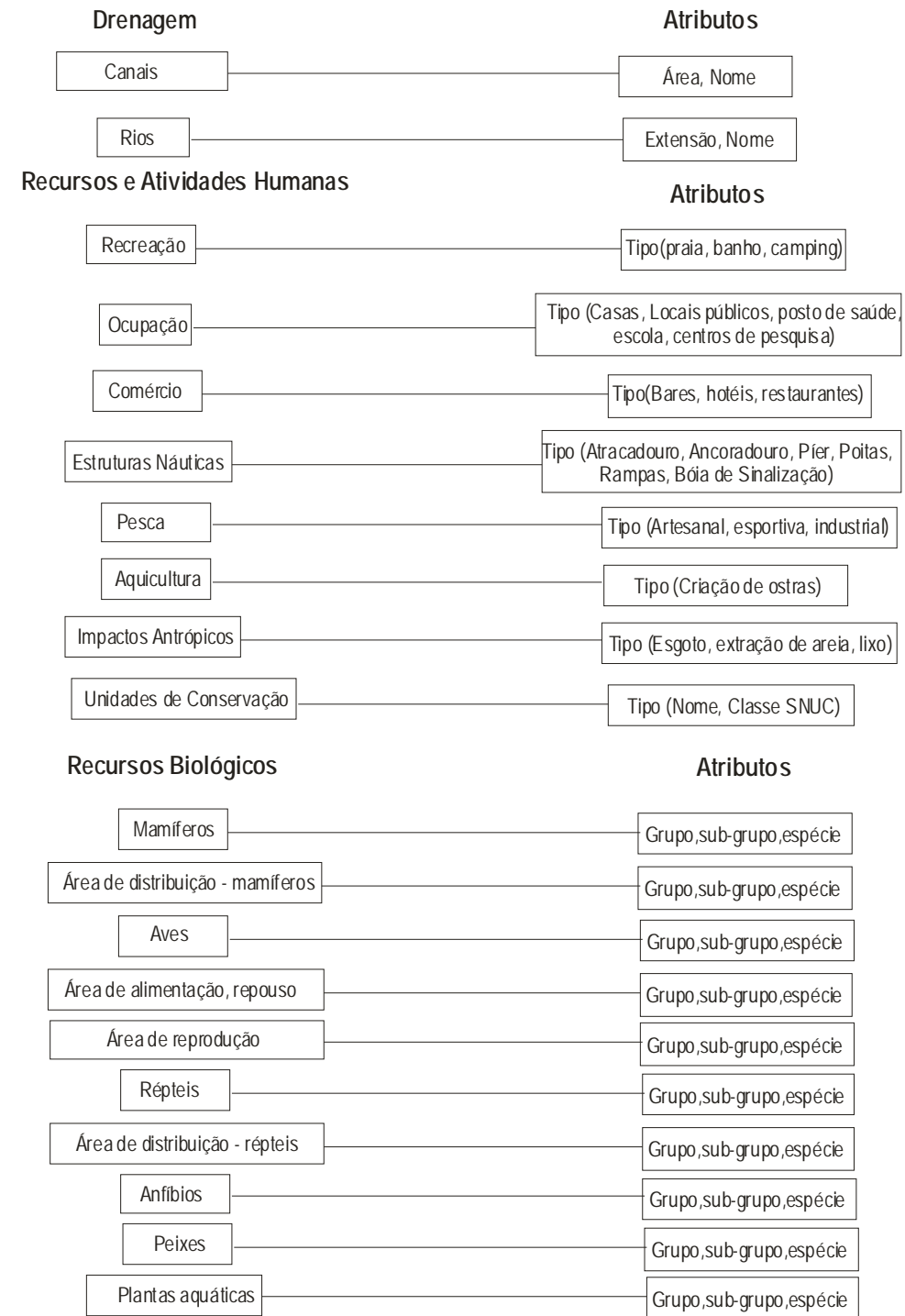
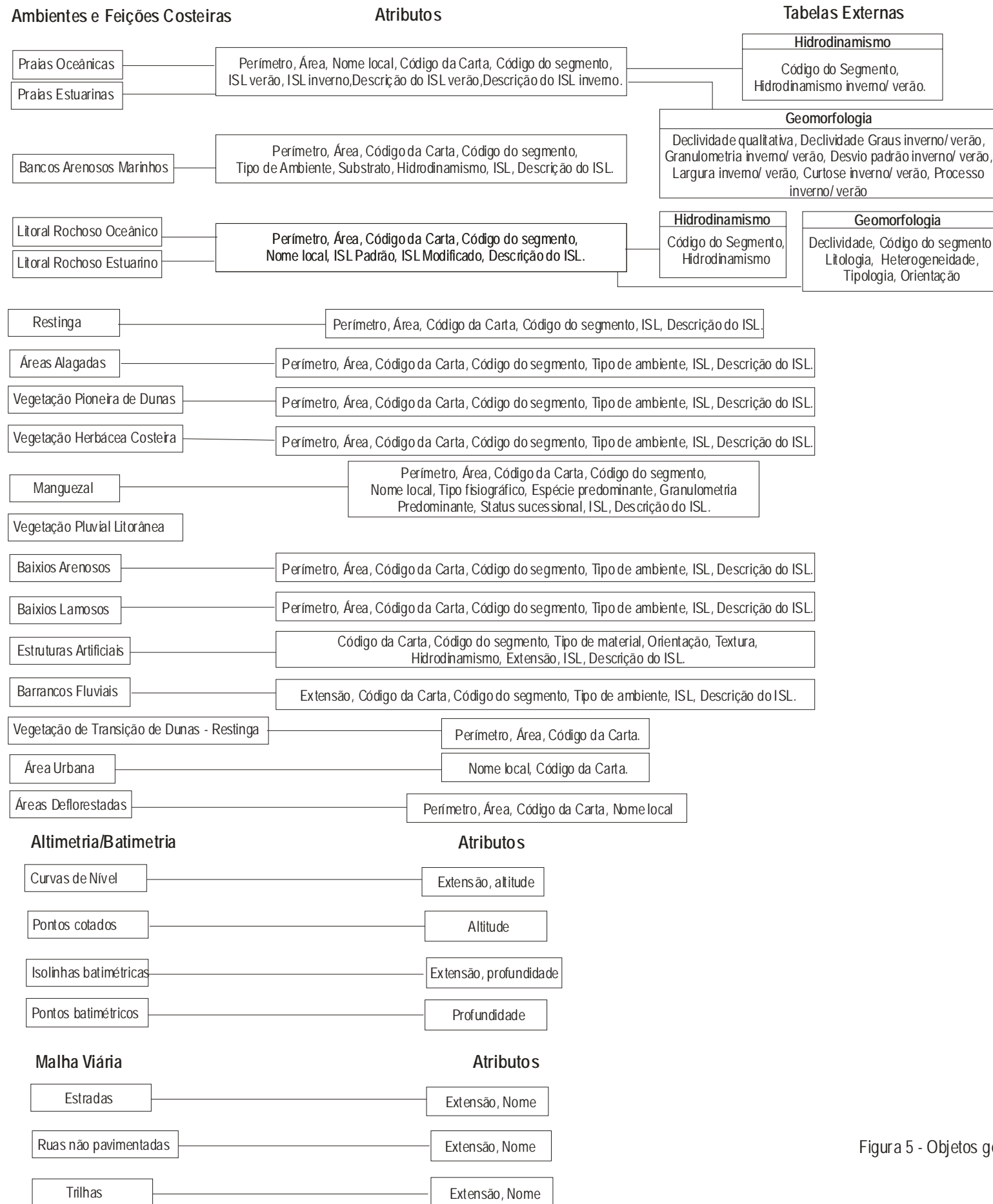


Figura 5 - Objetos geográficos e atributos do banco de dados.

8.3.5 - Organização dos segmentos e pontos

Os segmentos e pontos mapeados de acordo com o ISL receberam uma nomenclatura específica para auxiliar na localização destes, com suas respectivas informações do banco de dados.

Para cada segmento (ponto, linha ou polígono) classificados de acordo com o ISL, foi elaborado uma codificação que identifica o segmento, utilizando-se um código de letras e números em seqüência.

Exemplo:

IC001- As duas primeiras letras representam a localização da área: IC – Ilha do Cardoso e 001 indica o número do segmento.

Obs.: a numeração dos segmentos foi feita de norte para sul, tendo como referência inicial a praia do perequê, na Ilha do Cardoso.

Recursos Visuais

As fotos, filmes e figuras foram organizadas com uma numeração seqüencial e a localização plotada nas cartas de escala 1:25.000. Isso possibilitará associar, com segurança, a imagem à feição ou ao ponto, respeitando a sua localização real obtida com GPS.

8.3.6 - Organização das cartas

Cada carta de sensibilidade elaborada recebeu uma numeração específica, seguindo a nomenclatura sugerida pelo (MMA, 2004).

As cartas elaboradas na escala de 1:50.000 e 1: 25.000 (cartas operacionais) receberam a seguinte nomenclatura:

Carta SAO SAN 100,101,102. Cartas SAO operacionais da Bacia Marítima de Santos (SAN), os números subseqüentes indicam a articulação das cartas elaboradas para a área.

8.3.7 - Organização do Atlas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Petróleo

O Atlas de Sensibilidade constitui a reunião das informações utilizadas no mapeamento, entre elas mapas temáticos, as próprias Cartas SAO, quadros descritivos, e tábua de dados. A quantidade de informações importantes para a avaliação da sensibilidade de uma dada região não poder ser representada apenas nas Cartas SAO. Neste caso, o Atlas de Sensibilidade reúne informações adicionais para a avaliação da sensibilidade a derramamentos de óleo. O Atlas está organizado da seguinte maneira:

- 1- Mapas Temáticos
- 2- Mapa de Articulação das Cartas na escala 1:50.000
- 3- Cartas SAO na escala 1:50.000.
- 4- Mapa de Articulação das Cartas SAO na escala 1:25.000.
- 5- Cartas SAO na escala 1:25.000.
- 6 – Mapas dos ambientes de praias e litorais rochosos com subclassificação proposta.
- 7- Mapa de áreas prioritárias de proteção e áreas de sacrifício.
- 8- Quadros de imagens representando os principais ambientes mapeados e suas características, aspectos biológicos e sócio econômicos, acompanhados de localização geográfica e breve descrição.
- 9- Tábua de dados sobre os recursos biológicos.

8.3.8 - Representação espacial dos ambientes e feições litorâneas

Após o mapeamento preliminar e a obtenção de informações de campo os ambientes e feições litorâneas foram detalhados para confecção do mapeamento definitivo.

Uma feição geográfica qualquer pode ser representada espacialmente basicamente de três formas: pontos, linhas ou polígonos. A escolha da melhor forma de representação depende da própria feição e do nível de detalhe que se quer representar. Grande parte das Cartas SAO produzidas atualmente representam os ambientes e feições litorâneas como linhas. Isto deve ao fato de maior facilidade no mapeamento, e das bases cartográficas utilizadas, em geral, não permitirem o mapeamento de feições detalhadas. Neste estudo optou-se por representar, sempre que possível, todos os ambientes e feições litorâneas como polígonos. Isso porque a visualização de diferenças espaciais tornam-se claras neste caso. Outro aspecto é que assim é possível facilmente calcular as áreas dos ambientes, parâmetro que pode ser de fundamental importância para avaliação de impactos de praias, ou para o planejamento de equipamentos e equipes para contenção e limpeza das áreas eventualmente afetadas por um derramamento.

No entanto, não foi possível mapear todas as feições como polígonos. Algumas, por serem muito estreitas e alongadas, foram mapeadas como linhas e outras, por serem muito reduzidas, foram mapeadas apenas como pontos.

Além dos ambientes e feições litorâneas, foram representados também diferentes tipos de cobertura do solo, como tipos vegetacionais, áreas desflorestadas e urbanas.

A tabela 3 mostra todos os ambientes e feições mapeadas e sua forma de representação espacial.

Tabela 3- Ambientes e feições mapeadas e sua representação espacial.

Ambiente ou feição mapeada	Descrição	Representação Geográfica
Estruturas artificiais	Muros de concreto e muros de saco de areia	Linhas
Barrancos fluviais	Feições marginais de canais de drenagem	Linhas
Costões Rochosos	Costas rochosas oceânicas e estuarinas	Polígonos, linhas e pontos
Manguezal	Vegetação de mangue, apicum e áreas arenosas adjacentes	Polígonos e linhas
Praias Arenosas	Praias oceânicas e estuarinas	Polígonos e linhas
Baixios Lodosos	Áreas estuarinas de sedimento lamoso que ficam expostas na maré baixa	Polígonos
Baixios Arenosos	Áreas estuarinas de sedimento arenoso que ficam expostas na maré baixa	Polígonos
Barras Arenosas Imersas	Bancos de areia associados a desembocadura das barras de Cananéia e do canal do Ararapira	Polígonos
Vegetação de Dunas	Áreas adjacentes a praias com vegetação herbácea incipiente	Polígonos
Vegetação Alagada	Áreas alagadas com vegetação adaptada	Polígonos
Vegetação Herbácea Costeira	Vegetação adjacentes as áreas litorâneas com predominância de espécies herbáceas	Polígonos
Vegetação de Restinga	Vegetação de planície litorânea adaptada a solos arenosos	Polígonos
Vegetação Pluvial Litorânea	Vegetação adaptada às altas taxas de pluviosidade do litoral	Polígonos
Área Urbana	Áreas com razoável adensamento populacional e predominância de construções	Polígonos
Áreas Desflorestadas	Áreas abertas sem predomínio de construções	Polígonos
Canais de Drenagem	Canais com largura da lâmina d'água maior que 5 metros	Polígonos

Alguns parâmetros dos ambientes de praias, costões rochosos e manguezais, devido à sua maior importância na área e complexidade ambiental, foram detalhados para que a definição da sensibilidade fosse mais precisa. Estes parâmetros são descritos a seguir.

8.3.9 - Obtenção dos Parâmetros de Praias

Orientação e posicionamento geográfico – A orientação geográfica das praias ajuda a determinar a intensidade do hidrodinamismo, levando-se em consideração a direção predominante das correntes e ondas da região. Este parâmetro foi obtido a partir da interpretação das ortofotos.

Hidrodinamismo - para a avaliação do grau de exposição ao hidrodinamismo, as praias foram classificadas de acordo com sua orientação geográfica e com relação à direção das correntes litorâneas. Ou seja, praias dispostas perpendicularmente as correntes litorâneas, estão, em geral, mais expostas ao hidrodinamismo do que aquelas dispostas em orientações não perpendiculares. Outro fator é a presença de “barreiras” que interrompem a ação direta das ondas ou diminuem a energia das mesmas. Por exemplo, a presença de ilhas, estruturas artificiais, banco de rochas ou banco de areia, podem formar barreiras naturais à ação hidrodinâmica.

As praias foram classificadas qualitativamente, segundo os parâmetros acima, em abrigadas, semi abrigadas e expostas.

Parâmetros Texturais

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia Aplicada da Unesp Rio Claro.

As análises granulométricas foram realizadas com auxílio de técnicas de peneiramento que caracterizam a proporção das diferentes granulometrias, de acordo com os seguintes critérios: areia grossa (1-0,5mm), areia média (0,5 – 0,25mm), areia fina (0,25 – 0,125mm) e areia muito fina (0,125 – 0,0625) segundo (WENSWORTH, 1922).

As características granulométricas dos sedimentos praias foram avaliadas a partir dos parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) com auxílio da software Sysgran 3.0 : diâmetro médio (representados em ϕ), desvio padrão (grau de seleção) e curtose. O desvio padrão indica o grau de selecionamento dos grãos,

sendo que baixos valores indicam bom selecionamento e altos valores apontam para mau selecionamento. O significado da curtose é o nível de energia das ondas, em que altos valores de curtose indicam baixa energia das ondas e baixos valores indicam alta energia das ondas.

Cada um desses valores foi colocado em gráficos de variação, para o inverno e verão, contendo os dados relativos às três zonas (pós-praia, porção média do estirâncio e franja do estirâncio).

Parâmetros morfológicos

As praias foram classificadas, de acordo com suas declividades: baixa (até 1° de inclinação), média (1-5°) e alta (>5° de inclinação). Os graus de inclinação foram obtidos do perfil topográfico através de uma regressão linear simples, utilizando a metodologia proposta pela Cetesb (1998), descrita a seguir.

Primeiramente, os valores obtidos em todas as medidas contíguas do transecto foram plotados em um gráfico do tipo XY, onde X são as medidas horizontais (altura) e Y são as medidas do deslocamento da barra vertical graduada (largura). Este gráfico representa o perfil real de cada transecto (Figura 6).

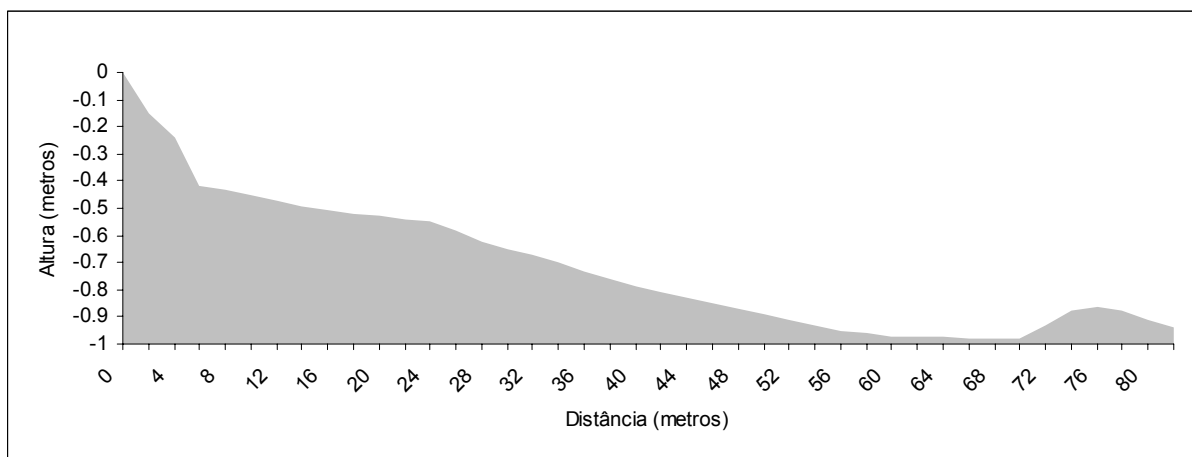


Figura 6 – Exemplo de perfil topográfico de praia, (exagero vertical de aproximadamente 22 vezes).

Para se calcular o ângulo de inclinação médio, utilizam-se os valores acumulados de X e Y, que representam os dois lados de um triângulo retângulo (catetos). Os valores da hipotenusa e ângulo α (declive) foram calculados utilizando a fórmula de pitágoras.

$$\text{Hipotenusa}^2 = (\text{cateto oposto})^2 + (\text{cateto adjacente})^2$$

$$\text{sen } \alpha = \text{cateto oposto} / \text{hipotenusa}$$

O $\text{sen } \alpha$ representa o ângulo de inclinação total da praia expresso em radianos; para sua transformação em graus, utiliza-se uma transformação simples de radianos para graus.

8.3.10 - Definição das Derivas Litorâneas

O método utilizado para a avaliação das correntes de derivas litorâneas, e consecutivamente, das porções das praias em fase de erosão, transporte ou deposição foi aquele elaborado por Souza (1997), modificado de Taggart e Schartz (1998).

Os indicadores para interpretações do sentido da deriva litorânea propostas por Taggart e Schartz (1998) são basicamente constituídos de quatro parâmetros: largura da praia, inclinação da praia, diâmetro médio (tamanho dos grãos) e grau de seleção dos sedimentos. Souza (1997) discute que os últimos autores citados definiram diferenciações de nível de energia das ondas ao longo de uma célula de deriva litorânea, mas não inseriram esse parâmetro em seu método. A autora sugeriu, então, a inclusão da curtose como indicador de avaliação deste parâmetro.

A inclinação utilizada neste método é apenas da zona de estirâncio, e não do perfil praiial inteiro. Portanto, neste caso, foi necessário calcular apenas a inclinação desta zona. A metodologia utilizada foi a mesma descrita anteriormente, utilizando-se, no entanto, os dados de X (altura acumulada) e Y (largura acumulada) da zona de estirâncio. A definição precisa da zona de estirâncio não é trivialmente obtida, pois esta pode variar de acordo com o momento em que o perfil foi obtido. Neste trabalho foi utilizado o seguinte critério: o limite superior da zona de estirâncio foi considerado como a linha de deixa da maré noturna, ou alguma modificação brusca de inclinação como a presença de berma, ou estruturas verticais. Na ausência destes, foi considerado o início da vegetação de pós-praia, como indica Souza (1997). Este limite foi obtido em campo e em fotografias que registraram cada perfil realizado, (Figura 7). O limite inferior é mais difícil de ser obtido por este método; assim, utilizou-se, neste caso, a morfologia do perfil praiial, uma vez que as praias

em geral apresentaram zonas de face litorânea com bancos e/ou cavas; considerou-se, então, o limite inferior do estirâncio como o início de alguma alteração abrupta como estes bancos ou cavas, (Figura 8).



Figura 7 – Exemplo de visualização da linha de deixa (porção superior do estirâncio) e linha de perfil sendo realizado.

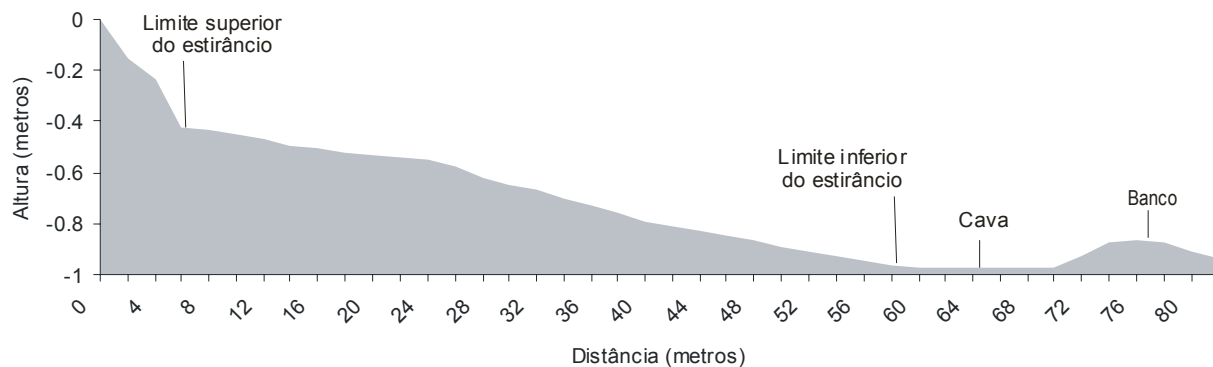


Figura 8 – Exemplo de delimitação do limite inferior da zona de estirâncio, mostrando a presença de cava e banco na antepraia.

Para a comparação dos dados relativos a cada praia, Souza (1997) resolveu o problema de variação das tendências dos parâmetros (que nem sempre apresentam um único sentido) elaborando uma matriz de comparação. Na matriz de comparação cada amostra é comparada com as duas amostras adjacentes a ela,

em relação aos cinco parâmetros analisados: diâmetro médio, desvio padrão (grau de seleção), curtose, inclinação na zona de estirâncio e largura da praia.

Na matriz de comparação as amostras foram ordenadas seqüencialmente, conforme sua localização ao longo da praia, sempre de norte para sul. Para as comparações são utilizados dois princípios básicos: variação do comportamento morfotextural da praia ao longo de uma célula de deriva litorânea Taggart e Schuartz (1988) apud Souza (1997), e transferência de sedimentos entre células. Assim, admite-se que de barlamar (zona de predominância de processo erosivo) para sotamar (zona de predominância de processo deposicional) ocorrem: afinamento dos grãos, aumento do grau de seleção, diminuição do nível de energia das ondas, diminuição da inclinação e aumento da largura da praia. O produto de cada comparação é marcado com um sinal (+) ou (-), respectivamente, para indicar zona de sotamar ou de barlamar.

As amostras foram comparadas apenas dentro de uma mesma praia; assim, cada amostra é comparada com suas duas vizinhas (com exceção das amostras das extremidades das praias). Para cada um dos cinco parâmetros analisados foi obtido um par de sinais, que podem ser: (+/+), (-/-), (+/-) ou (-/+). O resultado final da comparação de todos os parâmetros é representado por um outro par de sinais (+/+, -/-, ou +/-), que corresponde à predominância de um ou outro, para cada termo do par. Desta forma, se o par final da comparação for (+/+), significa que, no local, predomina o processo deposicional, sendo zona de sotamar de uma pequena célula; se for (-/-), predomina a erosão, ou seja, o sedimento encontra-se em zona de barlamar; e, se for (+/-) ou (-/+), representa uma zona de transporte (trânsito de sedimentos), havendo ganho ou perda de sedimentos.

A partir das comparações entre as zonas de erosão, transporte e deposição, os rumos de transporte foram, então, facilmente deduzidos, sendo as direções das derivas litorâneas no sentido das áreas de erosão (-/-) para as áreas de deposição (+/+), passando pelas áreas de transporte (+/- ou -/+).

8.3.11 - Litoral Rochoso

Orientação e posicionamento geográfico – A orientação geográfica dos litorais rochosos determina a intensidade do hidrodinamismo, levando-se em consideração a direção predominante das correntes e ondas da região (MILANELLI, 2003). Este parâmetro foi obtido a partir da interpretação das ortofotos.

Hidrodinamismo - para a avaliação do grau de exposição ao hidrodinamismo, os litorais rochosos foram classificados, de acordo com sua orientação, com relação à direção das correntes e ondas. Serão classificadas qualitativamente, segundo as seguintes categorias: abrigados, semi abrigados e expostos.

8.3.12 - Representação das Informações Biológicas

As informações biológicas foram representadas utilizando-se as simbologias indicadas pelo MMA (2004). Essa simbologia é constituída de ícones (que representam grupos de espécies) e de áreas hachuradas que representam sítios de distribuição, áreas de reprodução, alimentação ou repouso referente ao grupo. Dois novos ícones foram criados para representar grupos de espécies importantes que ocorrem na área de estudo (ainda sem representação iconológica): um ícone para felinos e cachorros do mato que eventualmente utilizam áreas litorâneas como os manguezais, praias, restinga e dunas; um outro ícone para mamíferos voadores, referindo-se a uma espécie de morcego pescador que ocorre em relativa abundância na região estuarina, sendo, portanto, particularmente sensível a derramamentos de óleo. Os mencionados ícones e hachuras são apresentados a seguir.

- Grupo Mamíferos (aquáticos e terrestres): cor marrom (RGB: 215/153/52)

Distribuição espacial:



Grupo	Símbolos
<p>Mamíferos aquáticos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grandes cetáceos (baleias) • Pequenos cetáceos □ golfinhos / botos) • Pinípedes (focas / leões marinhos / elefantes marinhos) • Pinípedes (lobos marinhos) • Sirênios (peixes-bois) • Mustelídeos (lontras / ariranhas / iraras) 	
<p>Mamíferos terrestres</p> <ul style="list-style-type: none"> • Roedores (capivara / ratão do banhado / furão / quati / guaxinim) • Carnívoros (felinos/cachorro do mato) 	
<p>Mamíferos Voadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Morcegos 	
<p>Quadro utilizado sempre que alguma espécie (s) do grupo encontra-se em alguma categoria de proteção (Internacional, Nacional ou Estadual)</p>	

Obs: Os ícones de felinos e morcegos foram criados por Ágata Romero.

- Grupo Peixes: cor azul (RGB: 0/159/230)

Distribuição espacial:



Grupo	Símbolos
<p>Peixes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pelágicos (teleósteos e elasmobrânquios)¹ • Demersais (teleósteos e elasmobrânquios) 	

- Grupo Invertebrados (moluscos, crustáceos e equinodermos): cor amarela (RGB: 180/165/40)

Distribuição espacial:



Grupo	Símbolos
<p>Invertebrados marinhos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bivalves (ostras, mexilhões, sururus e vieiras) - 1 • Gastrópodes (caracóis) - 2 • Cefalópodes (lulas) - 3 • Cefalópodes (polvos) - 4 • Equinodermos (estrela-do-mar, ouriço, ofiúro) - 5 • Crustáceos (camarões) - 6 • Crustáceos (caranguejos e siris) - 7 • Crustáceos (lagostas) - 8 	

- Grupo Répteis / Anfíbios: cor vermelha (RGB: 216/0/67)

Distribuição espacial:








Grupo	Símbolos
<p>Répteis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quelônios (tartarugas) • Crocodilianos (jacarés) • Ofídeos (serpentes e outros répteis) 	
<p>Anfíbios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anuros (sapos, rãs e pererecas) 	
<p>Quadro utilizado sempre que alguma espécie (s) do grupo encontra-se em alguma categoria de proteção (Internacional, Nacional ou Estadual)</p>	

Grupo Aves: cor verde (RGB: 136/185/0)

Distribuição espacial:




Grupo	Símbolos
<p>Aves marinhas costeiras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atobás, fragatas, pelicanos, gaivotas, trinta-réis: nidificam em ilhas ou na costa e pescam em áreas litorâneas. 	
<p>Aves marinhas pelágicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Albatroz, pomba-do-cabo, andorinha do mar, petrel: vivem em alto-mar e nidificam em ilhas oceânicas, só ocasionalmente vindo às regiões litorâneas. • Pingüins. 	
<p>Aves aquáticas continentais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Patos, marrecos • Mergulhões, biguás • Garças, flamingos, colhereiros (pernaltas) 	

Grupo	Símbolos
<p>Aves limícolas</p> <ul style="list-style-type: none"> Maçaricos, batuíra, quero-quero: SAO na maioria aves pernaltas praianas, marinhas ou continentais, que vivem em áreas alagadas e buscam alimentação em lamas e águas rasas; muitas SAO migratórias. 	
<p>Aves de rapina</p> <ul style="list-style-type: none"> Gavião, falcão, águia pescadora: SAO aves predadoras do topo da cadeia alimentar 	
<p>Aves terrestres</p> <ul style="list-style-type: none"> Passeriformes (mariquita, sabiá-da-praia, João-de-Barro) Não passeriformes (pomba, beija-flor, anu, alma-de-gato) 	
<p>Sítios de nidificação</p>	
<p>Quadro utilizado sempre que alguma espécie (s) do grupo encontra-se em alguma categoria de proteção (Internacional, Nacional ou Estadual)</p>	

- Grupo Algas e Plantas Aquáticas: cor púrpura (RGB: 168/0/102)

Distribuição espacial:




Grupo	Símbolo
Bancos de algas e plantas aquáticas	

Obs: no caso deste estudo este ícone foi utilizado essencialmente para representar áreas de grandes bancos de (*Spartina alterniflora*) na região estuarina.




- Grupo Plâncton (ictio, zôo, fito): cor azul marinho (RGB: 10/155/245)

Distribuição espacial:



Grupo	Símbolo
Plâncton: áreas de elevada densidade planctônica e alta concentração de biomassa.	

- Simbologia utilizada para todos os grupos, na cor do grupo de interesse.
-

Grupo	Símbolos
Áreas de reprodução	
Áreas de berçários	
Áreas de alimentação / sítios de pouso	

Os critérios utilizados para a inserção de um ícone e a maneira de sua distribuição espacial nas cartas não estão claros na proposta do MMA (2004). Assim, neste estudo procurou-se utilizar o seguinte critério:

Aves. Para o grupo de aves, para o qual foi realizado um levantamento sistemático em campo, foi inserido o ícone do grupo que representa a espécie mais abundante no ponto de localização da amostragem, conforme descrito anteriormente. No entanto, em certos locais, alguns grupos são sempre mais abundantes do que outros (como o grupo de aves pernaltas, por exemplo, nas áreas estuarinas). Assim para se evitar a repetição do mesmo grupo em todo o mapeamento, procurou-se representar também outros grupos que, mesmo em menor abundância, possuem maior sensibilidade. É o caso do grupo de patos e marrecos ou biguás, que são aves mergulhadoras e por isso, estão frequentemente em contato direto com a água. Também espécies que se encontram alguma categoria de proteção foram priorizadas, com intuito de destacar a sensibilidade destas a um derramamento de óleo.

As áreas hachuradas representando sítios de alimentação, reprodução ou repouso foram delimitadas em função das observações feitas em campo e referências bibliográficas. Na porção estuarina da área de estudo observou-se que um grande grupo de espécies aquáticas e/ou liminícolas alimentam-se nos bancos de lama em períodos de maré baixa. Assim, esses ambientes foram considerados como áreas de alimentação para aves. Verificou-se que um grande número de aves marinhas continentais utiliza alguns bancos de areia na Baía de Trapandé para repouso, e assim, foram mapeados. Outros locais na porção estuarina foram mapeados como sítios de reprodução de aves; estas informações foram obtidas junto a moradores locais e principalmente por indicação do barqueiro e morador local da região que acompanhou os trabalhos de campo (Jorge Malaquias).

As ilhas oceânicas também representam, importantes sítios de repouso, e uma delas, Ilha do Castilho, é um sítio de reprodução de aves marinhas. Assim, foi estabelecido um "buffer" de 500 metros, ou seja, um raio de 500 metros no entorno destas ilhas, para delimitar áreas de repouso e reprodução. O critério de 500 metros foi definido com observações em campo, onde a maior frequência de vôo das espécies em torno das ilhas foi registrado nesta distância.

Mamíferos. Os ícones de mamíferos aquáticos na área estuarina representam basicamente três espécies principais. O golfinho *Sotalia fluviialis* possui alta concentração na Baía de Trapandé, mas também foi observado ao longo de todo o canal de Ararapira e também no canal do Varadouro; por isso o ícone que representa esta espécie (pequenos cetáceos) foi disposto ao longo destes canais. A lontra *Lontra longicaudalis*, não foi observada em campo; no entanto suas áreas de ocorrência foi registrada a partir de tocas e abrigos. Esta espécie constrói tocas nos barrancos dos rios. Desta maneira os ícones que representam esta espécie (mustelídeos) foram dispostos nos canais em que as tocas foram registradas e em locais onde potencialmente podem ocorrer, ou seja, sempre que um canal fluvial possui barrancos nas margens. O ícone de morcego pescador que representa a espécie *Noctilio neporinus* foi disposto ao longo de todos os canais principais da região estuarina, pois esta espécie possui ampla ocorrência na área.

A Baía de Trapandé e Mar do Meio foram mapeados como área de distribuição de mamíferos devido à grande concentração de *Sotalia fluviatilis*, conforme indica Rollo Junior (2000).

Répteis- Os grupos de répteis representados foram os quelônios (tartarugas), sendo que todas as espécies de tartarugas marinhas do Brasil ocorrem na região para se alimentar; estas espécies são freqüentemente avistadas ou capturadas em redes e cercos de pesca na Baía de Trapandé e Mar do Meio. Alimentam-se também nos litorais rochosos da região oceânica. Assim, o ícone que representa este grupo foi disposto nestas regiões. O ícone que representa os crocodilianos (jacarés) neste estudo representa basicamente o jacaré-do-papo-amarelo. Esta espécie é encontrada nos canais fluviais ao norte da região estuarina mapeada, principalmente nos rios Jacariú, Jaguariú e Perequê. Assim, este ícone foi disposto próximo a estes canais. O rio Jacariú é o que apresenta maior concentração desta espécie, daí seu nome. Portanto o canal deste rio foi mapeado como área de distribuição desta espécie.

O ícone que representa os ofídeos (serpentes e outros répteis) e anfíbios anuros (sapos rãs e pererecas) foi disposto próximos aos canais fluviais secundários pois, sabe-se que muitas espécies deste grupo preferem áreas úmidas para viverem.

Peixes- Os ícones que representam os peixes pelágicos e demersais são de difícil localização, pois estes grupos possuem ampla área de ocorrência. Desta maneira procurou-se apenas representar os peixes pelágicos nas águas estuarinas e marinhas mais rasas, e os peixes demersais nas águas marinhas mais profundas.

Invertebrados Marinhos e Estuarinos- os ícones que representam bivalves, gastrópodes, equinodermos e crustáceos foram dispostos em função de seus habitats e de maior concentração de um grupo ou outro verificada nos trabalhos de campo. Por exemplo, em litorais rochosos ocorrem simultaneamente bivalves (ostras, mexilhões) gastrópodes (caracóis), crustáceos (carangueijos) e equinodermos (ouriço), no entanto, procurou-se representar o grupo que apresentava maior concentração num determinado local. Os crustáceos (caranguejos e siris) foram dispostos ao longo das praias oceânicas e

manguezais e os crustáceos (camarões) foram dispostos na área marinha próxima à barra de Cananéia, onde foi observado maior número de barcos de pesca de camarão.

Plantas Aquáticas- neste estudo, o ícone de plantas aquáticas representa os principais bancos de *Spartina alterniflora* que se formam mais freqüentemente em áreas de bancos de lama à frente dos manguezais.

Plâncton- o ícone de plâncton representa áreas de elevada densidade plactônica e alta concentração de biomassa. Desta maneira, pode-se dizer que toda a área estuarina da região possui alta concentração de biomassa. No entanto, procurou-se localizar este ícone na saída de canais que drenam amplas áreas de manguezais.

8.3.13 – Representação das Atividades de Uso Humano

As atividades de uso humano foram levantadas por estudo de campo, que foi somado a um levantamento preliminar das ocupações presentes no PEIC disponível em SMA, (2001). As seguintes informações foram mapeadas:

Pesca – as atividades de pesca foram divididas em pesca de subsistência, pesca esportiva e pesca industrial. No âmbito da pesca de subsistência incluiu-se todos os pontos de cerco e a pesca realizada com pequenas embarcações como botes e canoas. A pesca esportiva é caracterizada por ser realizada em sua grande maioria por turistas, com varas de pesca e pequenas embarcações (e.g., lanchas e “voadeiras”). Estas duas formas de pesca são realizadas com maior freqüência na porção estuarina da região. No entanto, é comum encontrar um grande número de pescadores esportivos próximos às ilhas oceânicas. A pesca industrial ocorre com maior freqüência na região oceânica e é caracterizada por embarcações de médio e grande porte, do tipo traineiras com até 15 pés. As atividades foram mapeadas sempre que um cerco, rede de pesca ou embarcação eram avistadas durante o percurso em campo. Alguns pontos de freqüente atividade

pesqueira também foram registrados, por indicação dos barqueiros que acompanharam o trabalho de campo.

Os tipos de pesca e sua simbologia utilizada nas cartas SAO apresentadas a seguir:

Pesca de Subsistência	Pesca Esportiva	Pesca Industrial
		

Valores Culturais – os valores culturais mapeados foram os sítios arqueológicos (sambaquis). Estes sítios são avistados facilmente nos canais estuarinos e foram registrados como pontos. Os sítios históricos mapeados foram algumas ruínas de antigas construções presentes na área, um farol presente na Ilha do Bom Abrigo, um marco topográfico e aldeias indígenas presentes no PEIC.






Sítio Arqueológico	Sítio Histórico	Área Indígena	Farol
			

Aqüicultura- os pontos de aqüicultura, essencialmente criação de ostras, foram registrados e fotografados em campo.

Aqüicultura





Comércio e Recreação- os pontos de comércio e recreação considerados foram restaurantes, bares, quiosques, hotéis, pousadas e praias utilizadas por banhistas.

Ocupação- os pontos de ocupação foram todos mapeados e divididos em residências, escolas, locais públicos, postos de saúde e pesquisa. Entre os locais de pesquisa estão todas as instalações de infraestrutura do PEIC, como alojamentos, refeitórios, administração, museus, estações meteorológicas e tanques de reabilitação de animais marinhos.




Residências	Escola	Locais Públicos	Posto de Saúde	Locais de Pesquisa
				

Obs: o ícone referente a locais de pesquisa foi criado e gentilmente cedido por Ágata Romero.



Estruturas Náuticas- as estruturas náuticas foram todas mapeadas e subdivididas em atracadouros, ancoradouros e píer; rampas para barcos e bóias de sinalização.

Atracadouros, ancoradouros e píers	Rampas para barcos	Bóias de sinalização
		

Acessos- os acessos foram subdivididos em acesso aquático (embarcações de pequeno porte e embarcações de grande porte), que são indicados por meio de ícones principalmente em função da profundidade dos canais; e acesso terrestre, que foram divididos em estradas pavimentadas, ruas não pavimentadas e trilhas, e utilizada simbologia adequada para cada uma.

Embarcações de pequeno porte	Embarcações de médio porte	Estrada de acesso a costa
		

Impactos Antrópicos- Pontos de lançamento de esgoto, locais de deposição de lixo e extração de areia foram representados nos mapas por ícones específicos:



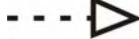



Lançamento de esgoto	Deposição de lixo	Extração de areia
		

8.3.14 - Representação dos Parâmetros Oceanográficos

Os parâmetros oceanográficos de maior importância em relação aos derramamentos de óleo são as correntes superficiais e as marés, pois estas, em associação com a direção e intensidade dos ventos, são os principais agentes de deslocamento das manchas de óleo no mar.

Os parâmetros oceanográficos relacionados à direção e velocidade das correntes superficiais foram obtidos de diversas fontes. A partir do mapa temático de parâmetros oceanográficos (SMA, 1990) foram mapeados pontos com indicação das direções de diferentes tipos de correntes na área costeira e estuarina. Próximo à entrada da barra de Cananéia, a intensidade das correntes superficiais foi obtida de Bérnago (2000) e a direção das correntes de deriva litorânea de verão e inverno foram determinadas pelo presente estudo, utilizando-se metodologia proposta por Souza, (1997).

A seguinte representação gráfica para os parâmetros oceanográficos foi utilizada:

Corrente Costeira	Corrente de Maré Enchente	Corrente de Maré Vazante
		
Trem de Onda	Transporte Litorâneo	Maré
		

8.3.15. – Representação gráfica do ISL

Buscando a padronização gráfica das Cartas SAO, o MMA (2004) elaborou um padrão de cores para representação dos ISLs. Essa representação foi utilizada neste trabalho. A seguir é apresentado o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), sua representação gráfica e feições características.

Tabela 4 - Índice de Sensibilidade do Litoral e representação gráfica (MMA, 2004).

Cor	Índice	Feição
	ISL 1	Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos. Falésias em rochas sedimentares, expostas. Estruturas artificiais lisas expostas (paredões marítimos artificiais).
	ISL 2	Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos. Terraços ou substratos de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abraSAO, terraço arenítico exumado bem consolidado).
	ISL 3	Praias dissipativas de areia média a fina expostas. Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressacas (restingas isoladas ou múltiplas, feixes alongados de restingas tipo "long beach"). Escarpas e taludes íngremes (tabuleiros litorâneos), expostos. Campos de dunas expostas.
	ISL 4	Praias de areia grossa. Praias intermediárias de areia fina a média, expostas. Praias de areia fina a média, abrigadas.
	ISL 5	Praias mistas de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais. Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação. Recifes areníticos em franja.
	ISL 6	Praias de cascalho (seixos e calhau). Costa de detritos calcários. Depósito de tálus. Enrocamentos ("rip-rap", guia correntes, quebra-mar) expostos. Plataforma ou terraços exumado recoberto por concreções lateríticas (disformes e porosas).
	ISL 7	Planície de maré arenosa exposta. Terraço de baixa-mar.
	ISL 8	Escarpa/ encosta de rocha lisa, abrigada. Escarpa/ encosta de rocha não lisa, abrigada. Escarpa e taludes íngremes de areia, abrigados. Enrocamentos abrigados ("rip-rap" e outras estruturas artificiais não lisas).
	ISL 9	Planície de maré arenosa / lamosa abrigada e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas. Terraço de baixa-mar lamoso abrigado. Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais.
	ISL 10	Deltas e barras vegetadas de rio. Terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas. Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado; apicum. Marismas. Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários)

8.3.16 - Forma de Análise das Informações e Apresentação dos Resultados

Com as informações pré-existentes, e a partir dos dados coletados em campo, serão definidos segmentos homogêneos. Por exemplo, as praias foram divididas em setores de acordo com os pontos de amostragem morfotexturais, ou seja, entre os pontos de localização dos perfis topográficos. Os costões rochosos foram subdivididos em função do nível de exposição hidrodinâmica, tipo do substrato; os manguezais em função das características fisiográficas, como já discutido. Desta maneira, o mesmo ambiente poderá ser fragmentado em diferentes trechos de acordo com suas características morfológicas, granulométricas, hidrodinâmicas, entre outras.

Os ambientes de praia e costões rochosos foram mapeados em detalhe e algumas alterações referentes ao ISL foram propostas. Estas alterações visam apenas o maior detalhamento das informações, sendo que os critérios básicos para classificação foram os mesmos, ou seja, o tipo de substrato, hidrodinamismo e sensibilidade da biota.

Para fins comparativos os mapas serão confeccionados com os ISLs convencionais (MMA, 2004 com os ISLs modificados.

9 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

9.1 - Mapeamento dos Ambientes Litorâneos

O mapeamento detalhado dos ambientes litorâneos do PEIC e entorno permitiu uma atualização da base cartográfica da área estudada. Algumas feições apresentaram grandes modificações espaciais quando comparadas às cartas topográficas disponíveis. Por exemplo, no extremo nordeste da Ilha do Cardoso e sul da Ilha Comprida, ocorreu, nos últimos quarenta anos, um intenso processo de sedimentação, levando à formação de uma feição aqui classificada como dunas vegetadas. Estas feições apresentam, atualmente, aproximadamente 1 quilômetro de largura e não são identificáveis nas cartas topográficas oficiais que foram realizadas com levantamentos aerofotogramétricos de 1964-1966.

Do total da área emersa mapeada, 29,7% referem-se a manguezais. Este dado, por si só, é revelador da importância ecológica da região mapeada e de seu estudo detalhado.

Os ambientes de praias e litoral rochoso foram tratados com maior detalhe neste estudo e serão propostos alguns refinamentos referentes ao Índice de Sensibilidade do Litoral a derramamentos de óleo (ISL) para estes ambientes. Desta maneira, tais entidades serão tratadas separadamente a seguir.

9.1.1 - Praias

As praias oceânicas da região apresentam características morfológicas e texturais muito homogêneas. São praias de areia fina a muito fina, com perfis topográficos muito suaves, tanto para o período de inverno como de verão. Dessa maneira, seriam todas classificadas ISL-3, (MMA, 2004). No entanto, as praias oceânicas foram divididas em setores de acordo com a localização dos pontos de amostragem dos parâmetros morfológicos e texturais. A partir da definição das áreas de erosão, transporte e deposição, de acordo com as direções das correntes de deriva litorânea (para os períodos de verão e

inverno), foi proposto uma sub-classificação do ISL. O critério para essa sub-classificação deriva do fato de que os setores das praias em processo de erosão apresentam-se menos sensíveis que os setores em processo de transporte e de deposição de sedimentos. Isso porque os setores em processo de erosão encontram-se em áreas de maior hidrodinamismo, há a retirada de sedimentos, portanto não há acumulação e/ou soterramento de óleo. Contrariamente, os setores em processo deposicional encontram-se em áreas de menor hidrodinamismo e maior probabilidade de soterramento do óleo. Os setores de transporte podem ser classificados numa posição intermediária entre estes dois processos. Ainda, se considerarmos a direção do transporte litorâneo, o óleo terá maior chance de ser levado para as áreas de deposição e de ser retirado das áreas em erosão. Os setores das praias oceânicas foram subdivididos em função dos critérios descritos acima, dos menos sensíveis (ISL 3-A, setores em processo de erosão), para os mais sensíveis (ISL3-C, setores em processo de deposição), passando pelos setores em processo de transporte (ISL3-B).

A seguir é apresentado os parâmetros morfológicos dos 19 perfis topográficos, analisados para os períodos de inverno e verão.

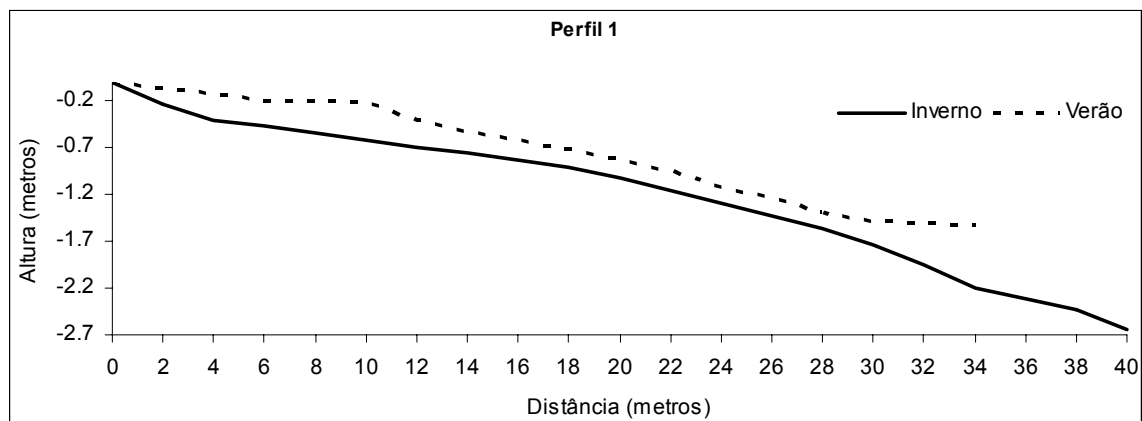


Figura 9- Perfis topográficos n° 1, praia do perequê, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 3.8 vezes.

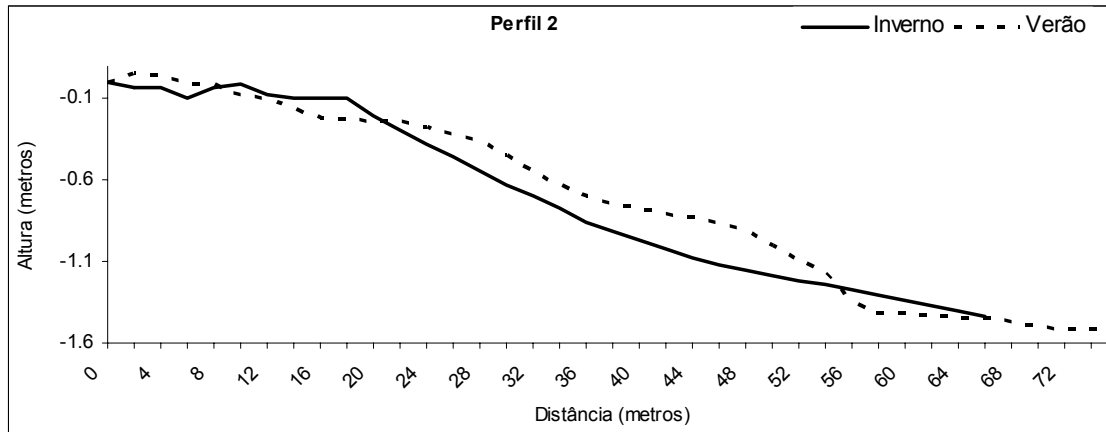


Figura 10- Perfis topográficos n° 2, praia do Perequê, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 13,1 vezes.

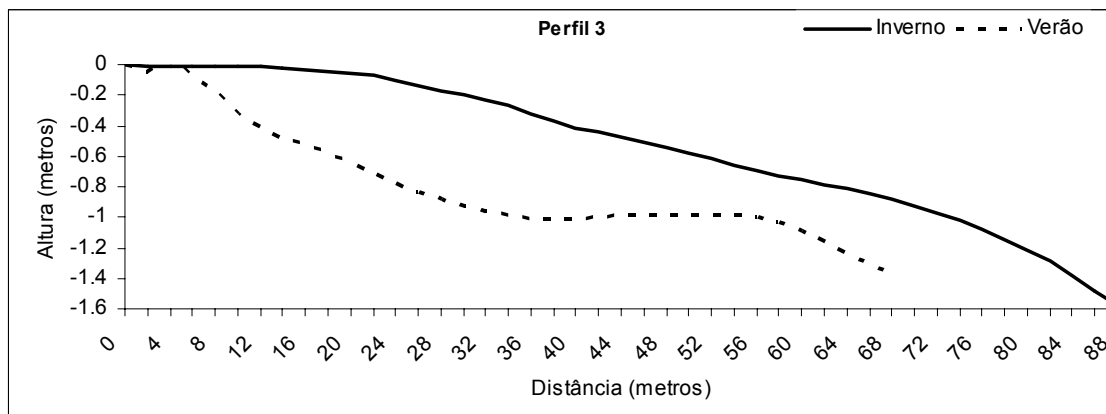


Figura 11- Perfis topográficos n° 3, praia do Perequê, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 10,5 vezes.

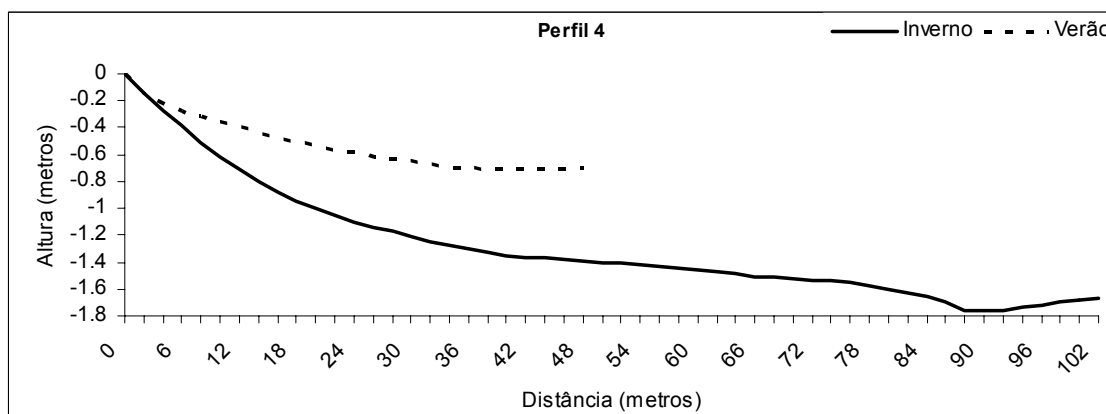


Figura 12- Perfis topográficos n° 4, praia do Itacuruçá, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 14,2 vezes.

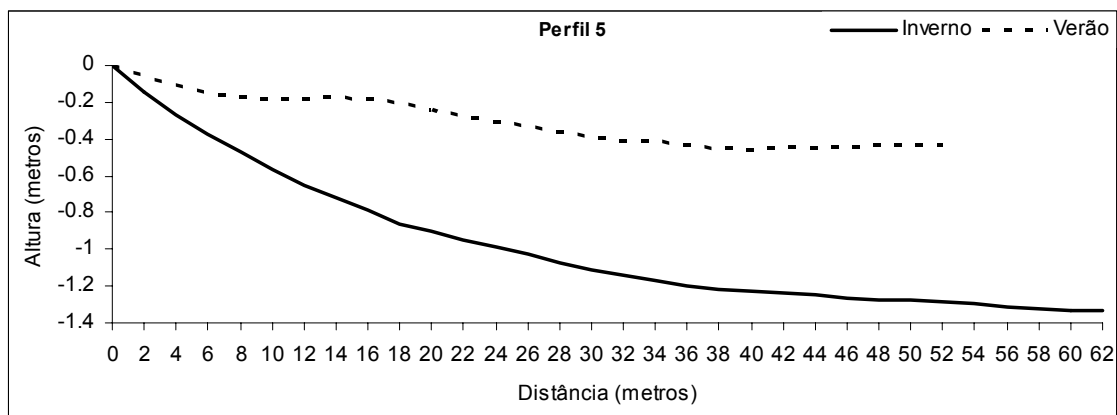


Figura 13- Perfis topográficos n° 5, praia do Itacuruçá, para os períodos de inverno e verão.

Exagero vertical de 12,2 vezes.

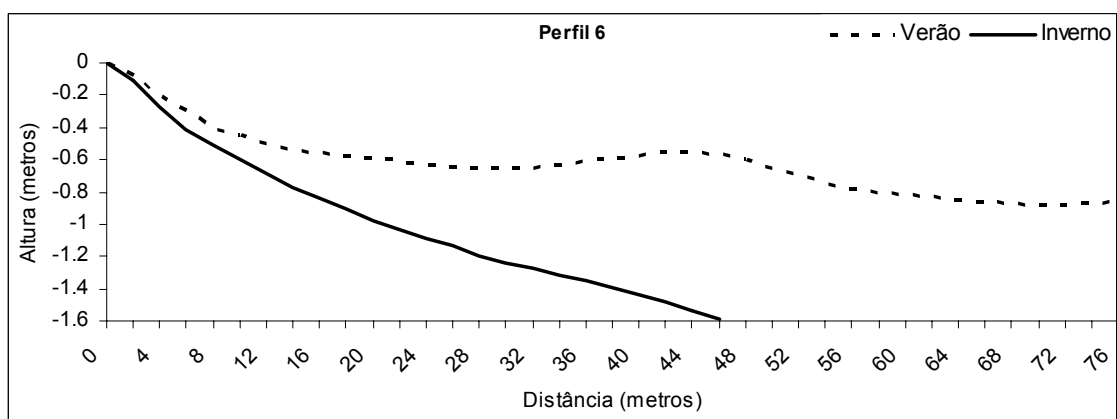


Figura 14- Perfis topográficos n° 6, praia de Ipanema, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 13,4 vezes.

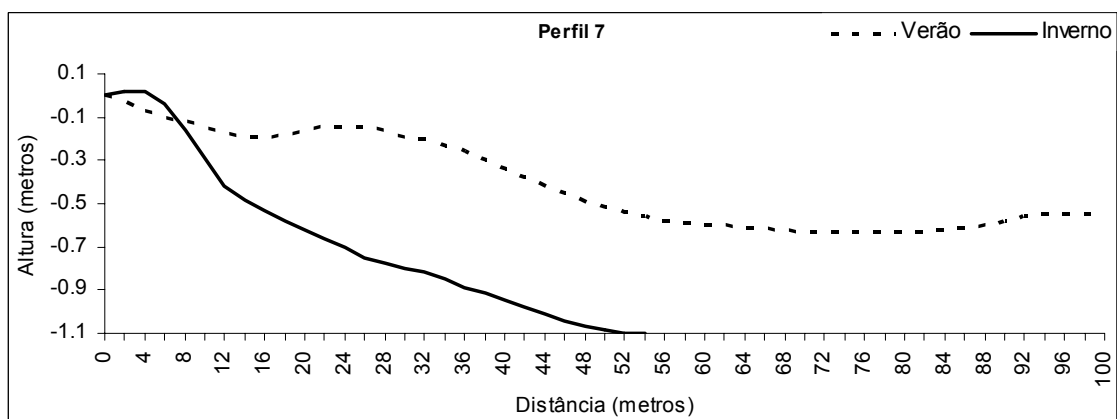


Figura 15- Perfis topográficos n° 7, praia do Cambriú, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 25 vezes.

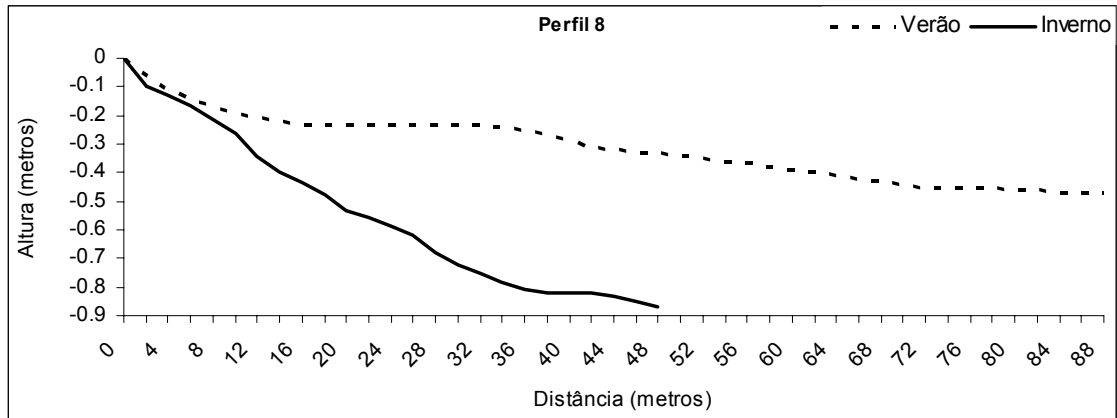


Figura 16- Perfis topográficos n° 8, praia do Cambriú, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 21,5 vezes.

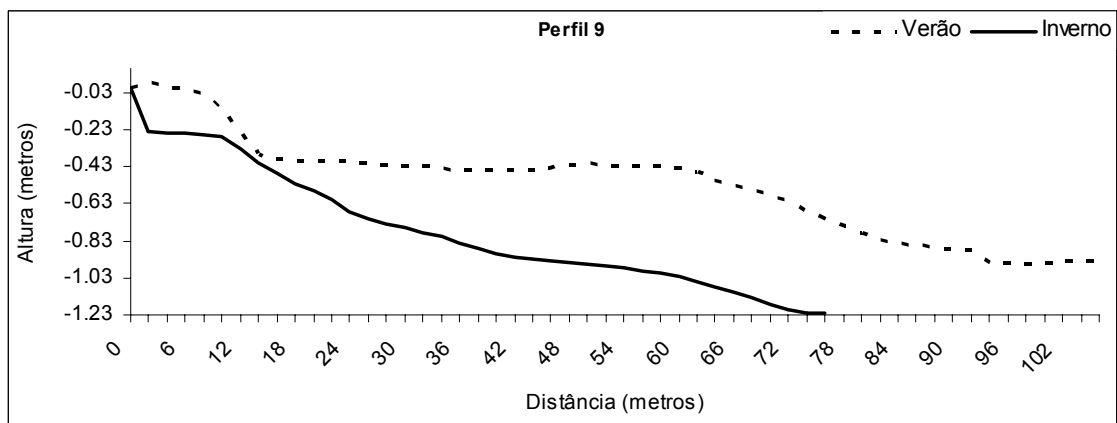


Figura 17- Perfis topográficos n° 9, praia do Fole, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 23,7 vezes.

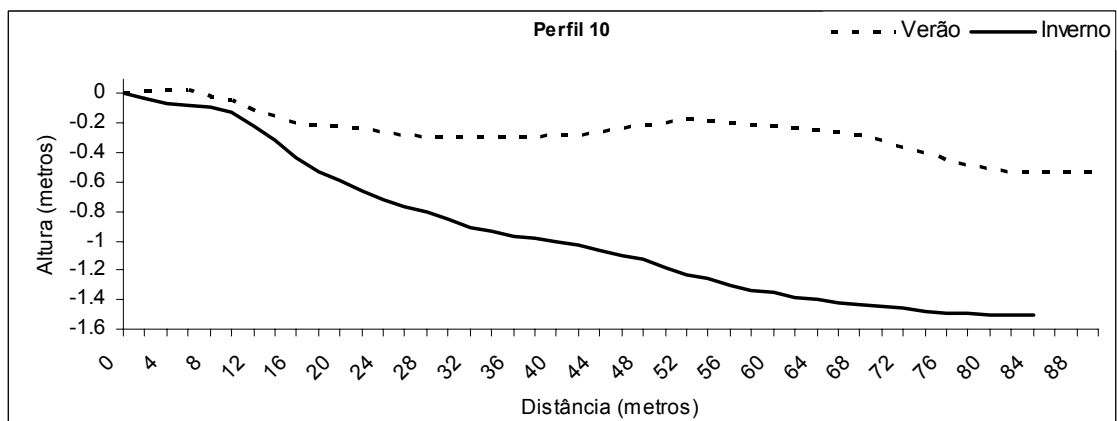


Figura 18- Perfis topográficos n° 10, praia da Laje, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 11 vezes.

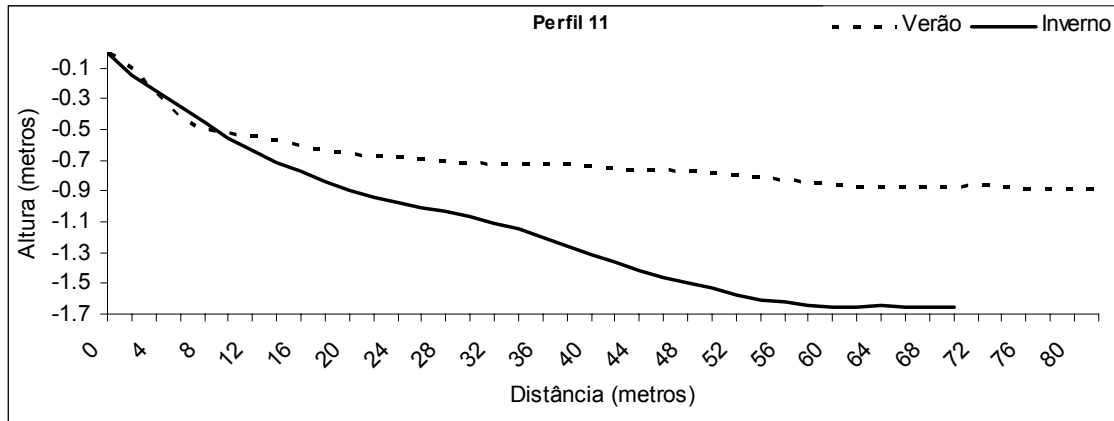


Figura 19- Perfis topográficos n° 11, praia da Laje para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 14 vezes.

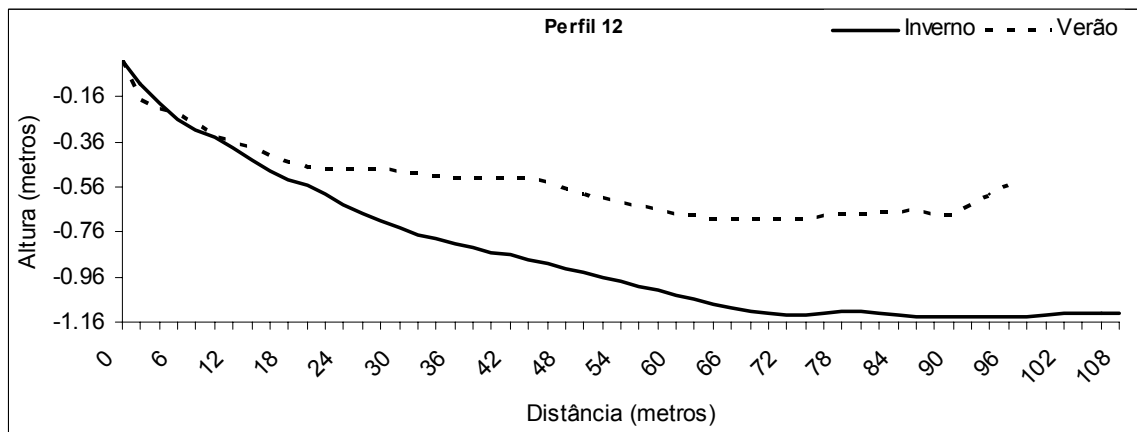


Figura 20- Perfis topográficos n° 12, praia do Marujá, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 25,7 vezes.

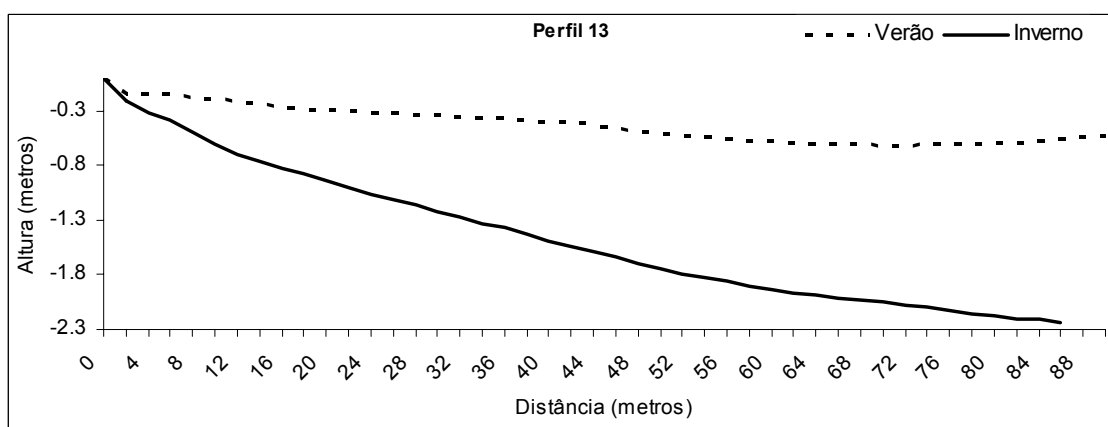


Figura 21- Perfis topográficos n° 13, praia do Marujá para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 8,2 vezes.

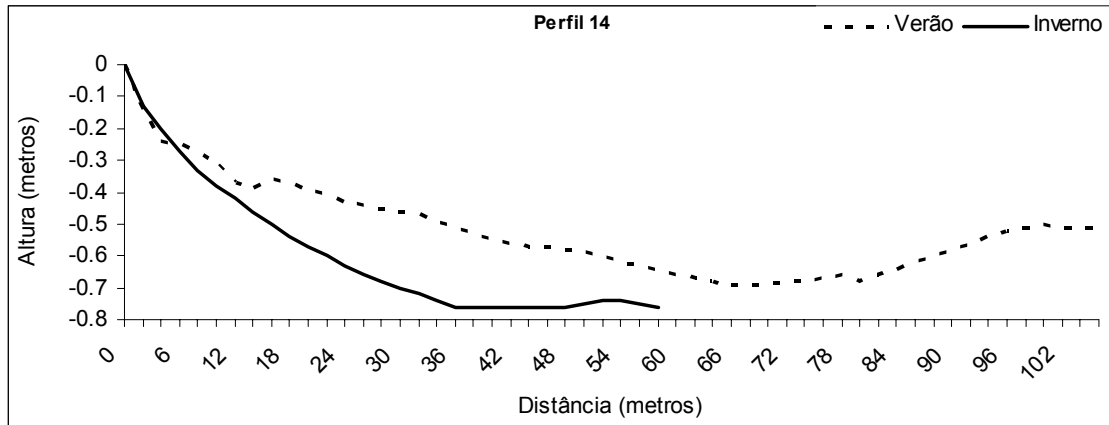


Figura 22- Perfis topográficos nº 14, praia do Maruja, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 36,5 vezes.

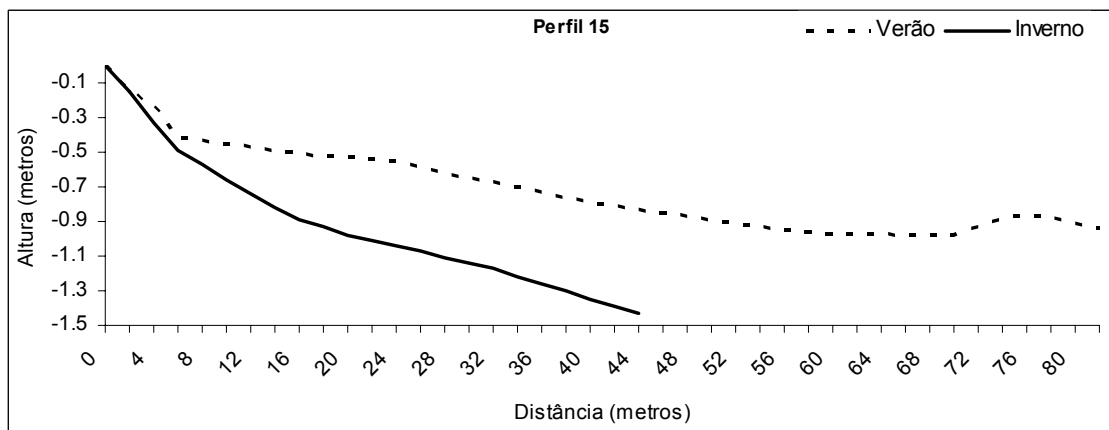


Figura 23- Perfis topográficos nº 15, praia do Maruja, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 15,4 vezes.

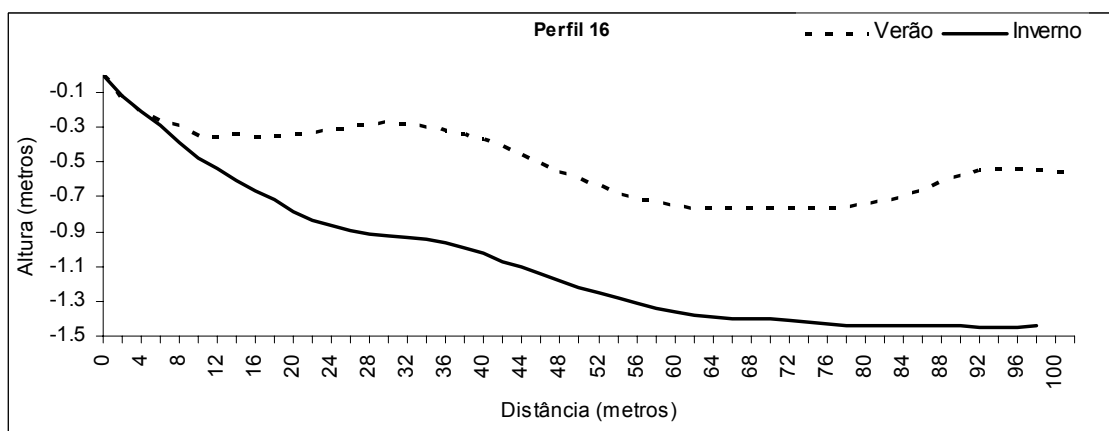


Figura 24- Perfis topográficos nº 16, praia do Maruja, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 15,4 vezes.

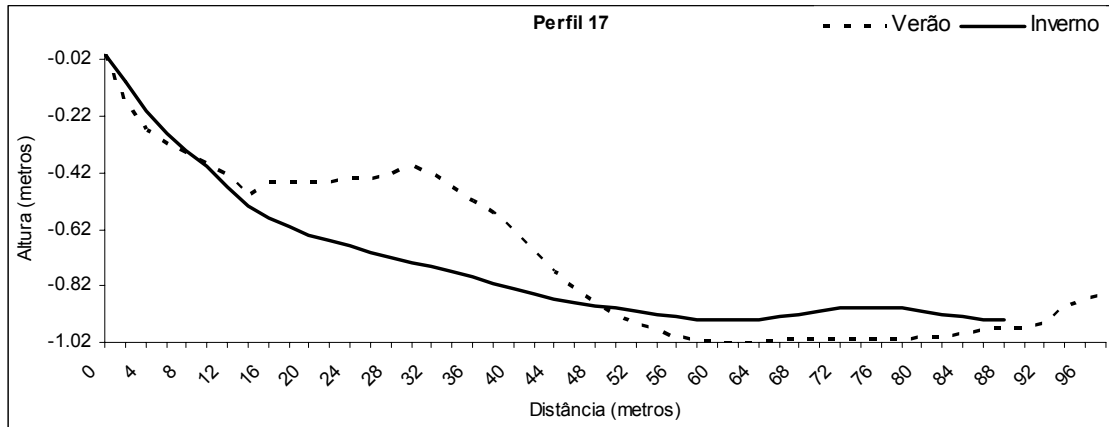


Figura 25- Perfis topográficos nº 17, praia do Maruja, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 26,5 vezes.

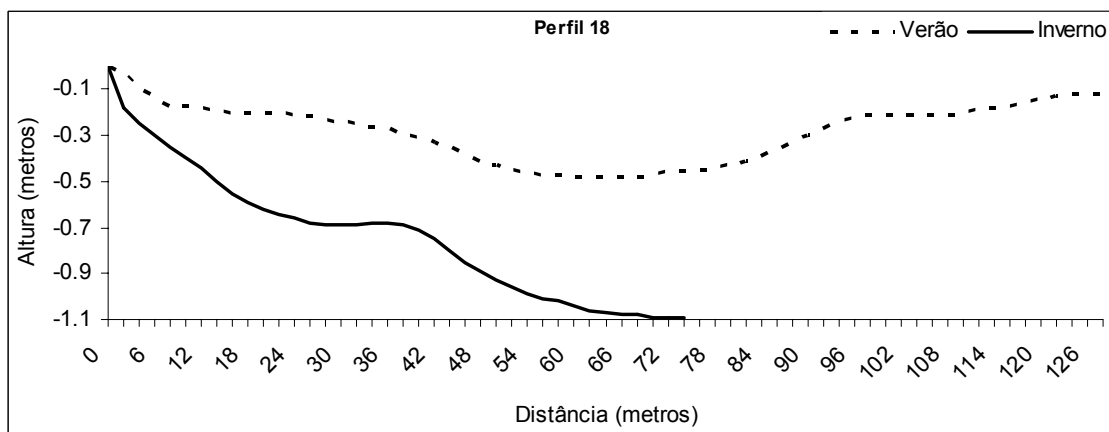


Figura 26- Perfis topográficos nº 18, praia do Maruja, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 19,5 vezes.

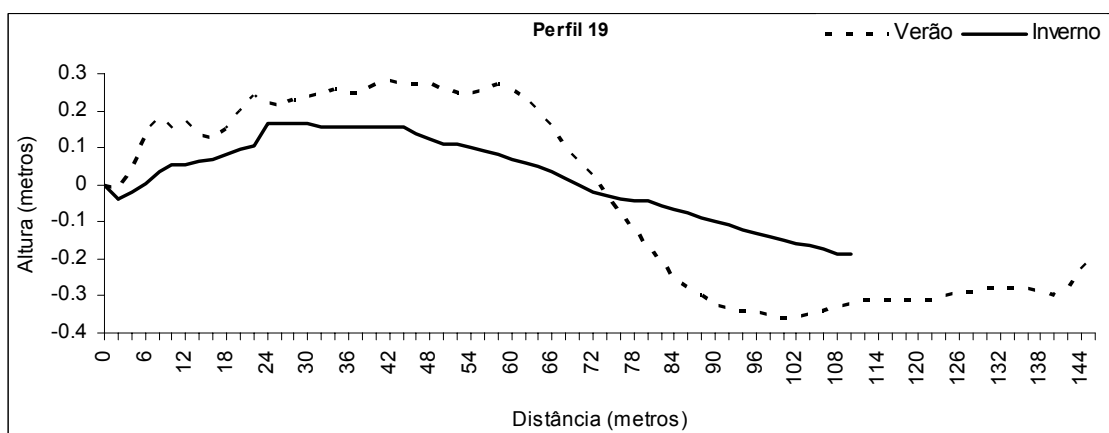


Figura 27- Perfis topográfico nº 19, praia do Maruja, para os períodos de inverno e verão. Exagero vertical de 35,4 vezes.

Os perfis topográficos mostram uma clara tendência de diminuição da declividade das praias no período de verão em comparação com os períodos de inverno, com tendência de acumulação de sedimentos na face praial no período de verão e retirada no período de inverno. Este fato é bastante conhecido e discutido na literatura por vários autores Soares et al. (1997); Calliari et al (2003); Souza, (1997); principalmente em locais onde as variações climáticas são bastante evidentes, como é o caso do litoral sul do Estado de São Paulo. Uma exceção a este fato ocorreu nos perfis 3 e 19, onde houve uma tendência de maior acumulação de sedimentos em todo o perfil 3 e retirada de sedimento da zona de estirâncio e deposição na zona de pós-praia no perfil 19, no inverno. Isso pode estar relacionado ao fato destes perfis estarem localizados em áreas próximas a desembocadura das barras de Cananéia e Ararapira, respectivamente. Angulo, (1995) discute que na desembocadura do canal de Ararapira forma-se um pequeno delta de maré vazante e que campos de dunas semi-submersos migram em direção ao interior do canal próximo à margem norte do canal (próximo ao ponto do perfil 19). Segundo aquele autor, as formas das feições indicam uma predominância de transporte de sedimentos pela maré enchente e uma direção do transporte litorâneo na direção nordeste. Assim, nos períodos de menor hidrodinamismo (verão) os sedimentos provenientes do delta de maré adjacente ao perfil 19 podem ser carreados nos episódios de maré de sizígia até à zona de pós-praia. Um processo semelhante pode ocorrer no perfil 3, onde no período de maior hidrodinamismo (inverno), os sedimentos depositados nos bancos arenosos da barra de Cananéia podem ser levados para a praia, pela predominância das forças das ondas mais ativas no inverno.

Os parâmetros morfológicos utilizados para a definição das direções das correntes de deriva litorânea são apresentados a seguir.

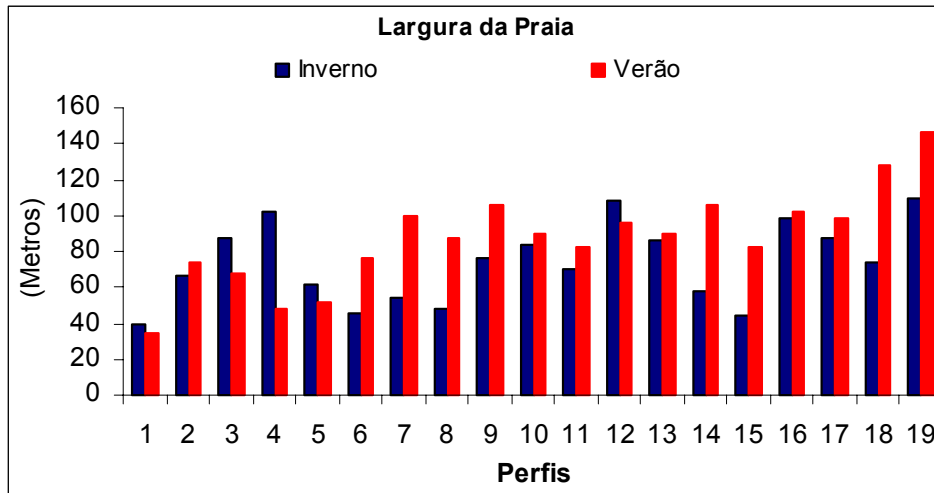


Figura 28- Larguras das praias medidas em cada perfil para os períodos de verão e inverno.

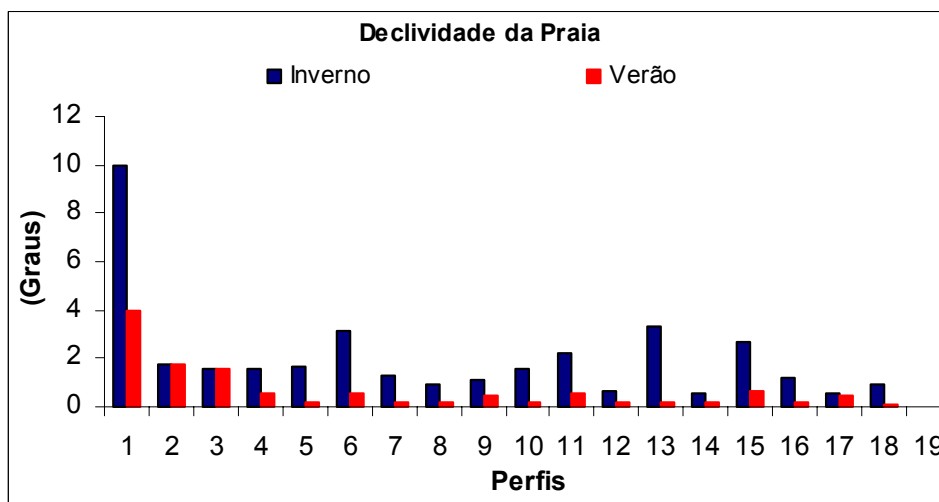


Figura 29- Declividade das praias medida em cada perfil para os períodos de verão e inverno.

Como se vê na figura 29, as medidas de declividade das praias foram menores em todos os perfis para o período de verão, indicando a menor ação hidrodinâmica neste período.

Os parâmetros texturais utilizados na avaliação das correntes de deriva litorânea e processos atuantes nas praias foram organizados de forma a permitir a comparação entre os pontos de amostragem e os períodos de verão e inverno (figs 30-35).

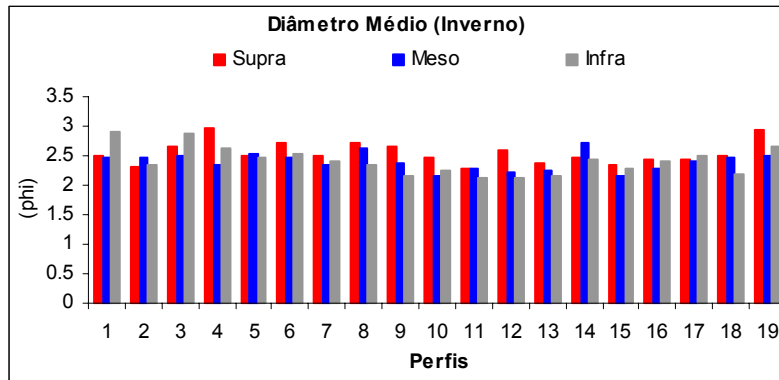


Figura 30- Variação do diâmetro médio dos sedimentos das praias segundo Folk e Ward (1957) para o período de inverno.

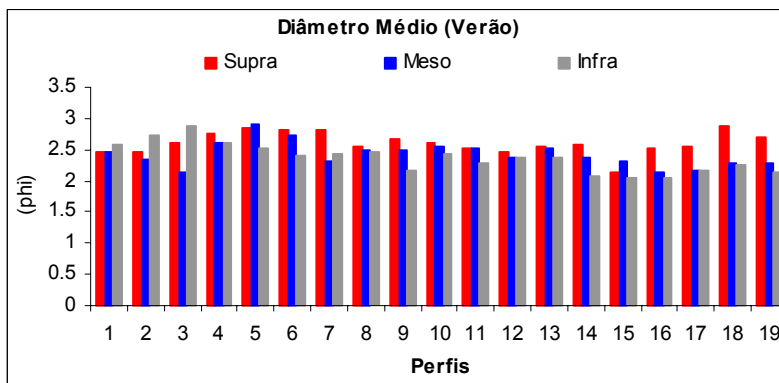


Figura 31- Variação do diâmetro médio dos sedimentos das praias segundo Folk e Ward (1957) para o período de verão.

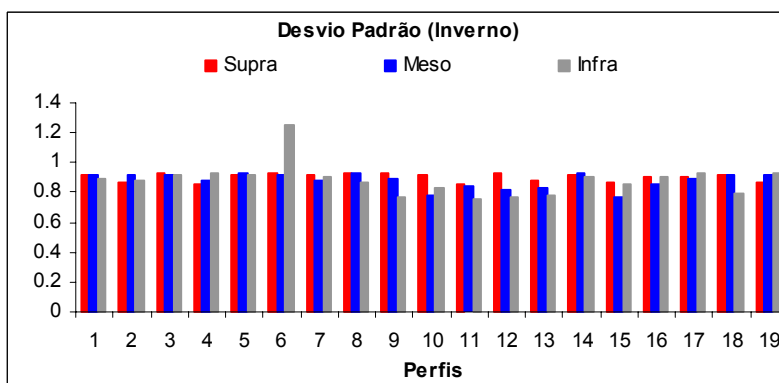


Figura 32- Variação do grau de seleção (desvio padrão) dos sedimentos das praias segundo Folk e Ward (1957) para o período de inverno.

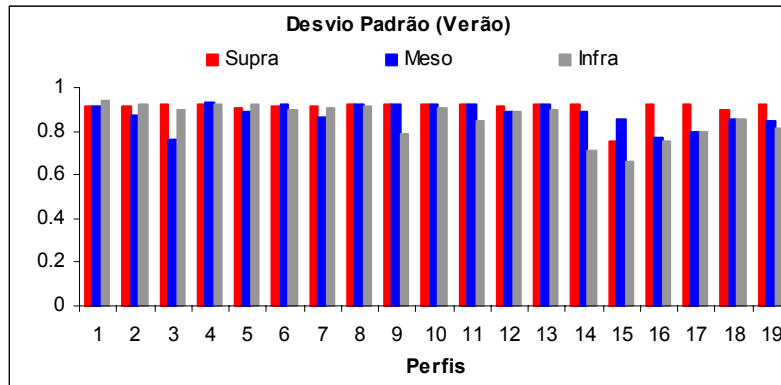


Figura 33- Variação do grau de seleção (desvio padrão) dos sedimentos das praias segundo Folk e Ward (1957) para o período de verão.

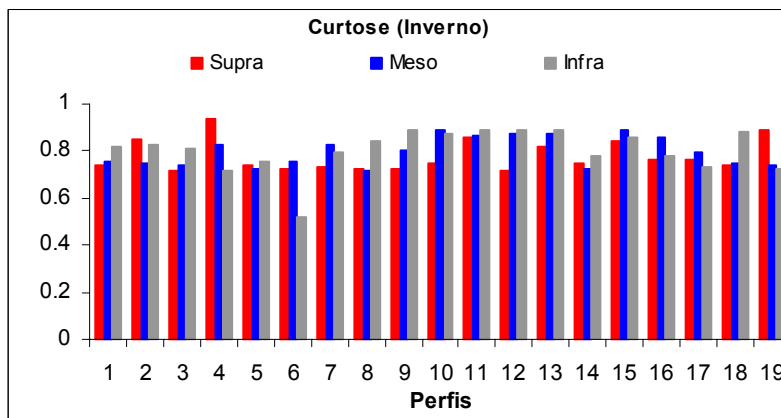


Figura 34- Variação do nível de energia das ondas (curtose) dos sedimentos das praias segundo Folk e Ward, (1957) para o período de inverno.

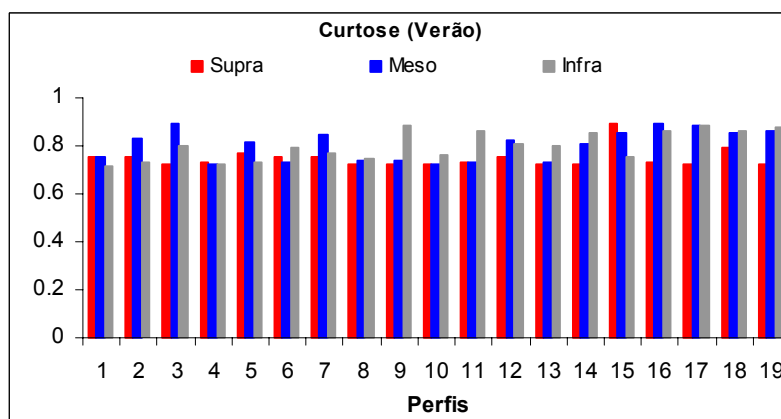


Figura 35- Variação do nível de energia das ondas (curtose) dos sedimentos das praias segundo Folk e Ward (1957) para o período de verão.

Com relação ao diâmetro médio dos grãos e grau de selecionamento, as praias apresentaram ligeiras modificações ao longo dos pontos analisado, sendo que há uma pequena diminuição do tamanho dos grãos e aumento do grau de seleção de nordeste para sudoeste, sugerindo uma direção geral de transporte neste sentido. Os resultados relativos ao nível de energia das ondas não indicam nenhuma tendência geral.

Esses resultados são contrários àqueles encontrados por Tessler (1988) e Souza (1997) para a praia da Ilha Comprida. Nesta praia os autores encontraram tendências gerais de transporte na direção sul para norte. No entanto embora as praias da Ilha do Cardoso e da Ilha Comprida apresentem características morfo-texturais semelhantes, e possam ser enquadradas dentro do mesmo setor morfodinâmico, é possível que as tendências regionais de transporte se modifiquem nesta região.

Embora a observação das ortogonais de ondas através de produtos de sensores remotos não tenha sido feita de uma maneira sistemática, como indica Souza (1997), é possível verificar nas ortofotos utilizadas neste estudo uma tendência geral da direção das principais ortogonais de ondas no sentido sudoeste, na porção norte até a metade da Praia do Marujá. Na porção sul da Praia do Marujá verifica-se uma mudança na direção das ortogonais sendo que as direções principais e secundárias já não se tornam muito claras. Outro aspecto a ser considerado é a presença na região de diferentes "barreiras" compostas pelas ilhas oceânicas presentes, extremidades e bancos rochosos. Estas barreiras tendem a modificar o sentido preferencial dos trens de onda, principalmente quando localizadas próximo ao litoral.

Os resultados da matriz de comparação elaborada segundo Souza (1997) demonstram padrões mais detalhados do transporte litorâneo. No entanto, antes de iniciar uma discussão sobre este aspecto é necessário fazer algumas ressalvas.

A metodologia elaborada por Souza (1997) prevê a comparação dos parâmetros morfológicos e texturais localizados dentro de uma mesma praia, sendo que o número de pontos de amostragem e sua localização devem levar em conta estes aspectos. Ou seja, para cada praia analisada o ideal é que se tenha no mínimo dois pontos de amostragem, localizados nas suas extremidades. Para praias extensas (maior que 300 metros) o ideal é que se tenha três ou mais pontos de amostragem, dispostos de maneira a verificar as

variações ao longo da praia. Neste estudo, os pontos de amostragem não foram dispostos, em algumas praias, nos pontos mais adequados, para essa análise. Isso porque, este autor só tomou conhecimento desta metodologia após ter realizado a primeira campanha de campo. Assim, na campanha subsequente, os pontos não puderam ser alterados, pois então não poderiam ser comparados.

A praia de Ipanema, por exemplo, possui apenas um ponto de amostragem, não tendo sido possível, portanto, realizar as comparações para esta praia. A praia do Itacuruçá foi amostrada com apenas dois pontos localizados na sua porção média, sendo que as extremidades não foram amostradas. A praia do Cambriú foi amostrada apenas nas suas extremidades; um ponto localizado na sua porção intermediária teria sido importante. Por fim, a extremidade sul da praia da Laje não foi amostrada.

Feitas as ressalvas, os resultados das matrizes de comparação foram satisfatórios, indicando as direções dos transportes litorâneos e as áreas de erosão, transporte e deposição. Está também nas tabelas das matrizes de comparação, a classificação da sensibilidade do trecho da praia de acordo com o processo (erosão, transporte e deposição), como se vê a seguir.

Tabela 5- Variação dos parâmetros texturais e morfológicos no período de inverno.

	Praia	Perfil	Diâmetro Médio (Phi)	Desvio Padrão	Curtose	Declividade (graus)	Largura (metros)
Inverno	Perequê	1	2.46	0.91	0.75	5.73	40
		2	2.48	0.92	0.74	1.65	66
		3	2.49	0.92	0.74	0.96	88
	Itacuruçá	4	2.36	0.88	0.83	0.14	102
		5	2.53	0.92	0.73	0.85	62
	Ipanema	6	2.46	0.91	0.76	1.95	46
	Cambriú	7	2.36	0.88	0.83	0.87	54
		8	2.64	0.93	0.72	0.73	48
	Laje	9	2.39	0.89	0.80	0.72	76
		10	2.17	0.78	0.89	1.57	84
		11	2.27	0.84	0.87	1.28	70
	Marujá	12	2.23	0.82	0.88	0.59	108
		13	2.24	0.82	0.87	2.60	86
		14	2.72	0.92	0.73	0.45	58
		15	2.15	0.77	0.89	1.24	44
		16	2.29	0.85	0.86	1.06	98
		17	2.40	0.90	0.80	0.13	88
		18	2.47	0.91	0.75	0.60	74
		19	2.50	0.92	0.74	0.01	110

Tabela 6- Variação dos parâmetros texturais e morfológicos no período de verão.

	Praia	Perfil	Diâmetro Médio (Phi)	Desvio Padrão	Curtose	Declividade (graus)	Largura (metros)
Verão	Perequê	1	2.45	0.92	0.76	2.14	34
		2	2.35	0.88	0.83	0.96	74
		3	2.14	0.77	0.89	1.25	68
	Itacuruçá	4	2.62	0.93	0.72	0.35	48
		5	2.90	0.89	0.82	0.08	52
	Ipanema	6	2.74	0.92	0.73	0.26	76
	Cambriú	7	2.31	0.86	0.85	0.21	100
		8	2.50	0.92	0.74	0.08	88
	Lage	9	2.50	0.92	0.74	0.18	106
		10	2.56	0.93	0.72	0.16	90
		11	2.53	0.92	0.73	0.20	82
	Marujá	12	2.37	0.89	0.82	0.22	96
		13	2.53	0.93	0.73	0.20	90
		14	2.38	0.89	0.81	0.17	106
		15	2.30	0.86	0.85	0.23	82
		16	2.14	0.77	0.89	0.21	102
		17	2.18	0.79	0.89	0.22	98
		18	2.30	0.86	0.85	0.13	128
		19	2.27	0.84	0.86	0.03	146

Tabela 7- Matriz de comparação dos parâmetros morfológicos e texturais das praias, para o período de inverno.

	Praia	Perfil	Diâmetro Médio	Desvio Padrão	Curtose	Declividade (graus)	Largura (metros)	Resultado	Processo	Sentido da Deriva	Sensibilidade ISL modificado
Inverno	Perequê	1	-	+	+	-	+	+	D	O	3-C
		2	+/-	-/-	-/+	+/-	-/+	-/-	E	L	3-A
		3	+	+	-	+	-	+	D	L	3-C
	Itacuruçá	4	-	+	+	-	-	-	E	S	3-A
		5	+	-	-	+	+	+	D	S	3-C
	Ipanema	6									
	Cambriú	7	-	+	+	+	-	+	D	N	3-C
		8	+	-	-	-	+	-	E	N	3-A
	Lage	9	+	-	-	-	+	+	D	NE	3-C
		10	-/-	+/+	+/+	+/+	-/-	+/+	D	NE	3-C
		11	+	-	-	-	+	-	E	NE	3-A
	Marujá	12	-	+	+	-	-	-	E	SO	3-A
		13	+/-	-/+	-/+	+/+	+/-	+/+	D	NE	3-C
		14	+/+	-/-	-/-	-/-	+/-	-/+	T	NE	3-B
		15	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+	-/-	E	NE/SO	3-A
		16	+/-	-/+	-/+	-/+	-/-	+/+	D	NE	3-C
		17	+/-	-/+	-/+	-/-	+/-	-/-	E	NE/SO	3-A
		18	+/-	-/+	-/+	+/-	+/+	+/+	D	SO	3-C
		19	+	-	-	+	-	-	E	NE	3-A

Resultado: (+) deposição, (-/+ , +/-) transporte, (-) erosão. Processo: D – deposição, T – transporte, E – erosão.

Tabela 8- Matriz de comparação dos parâmetros morfológicos e texturais das praias para o período de verão.

	Perfil	Diâmetro Médio	Desvio Padrão	Curtose	Declividade (graus)	Largura (metros)	Resultado	Processo	Sentido da Deriva	Sensibilidade ISL modificado	
Verão	Perequê	1	+	-	-	+	+	D	O	3-C	
		2	-/+	+/-	+/-	-/-	-/-	-/+	T	O	3-B
		3	-	+	+	+	+	-	E	O	3-A
	Itacuruçá	4	-	-	-	+	+	-	E	S	3-A
		5	+	+	+	-	-	+	D	S	3-C
	Ipanema	6									
	Cambrú	7	-	+	+	+	-	+	D	N	3-C
		8	+	-	-	-	+	-	E	N	3-A
	Lage	9	-	+	+	+	-	+	D	NE	3-C
		10	+/+	-/-	-/-	-/-	+/-	-/+	T	NE	3-B
		11	-	+	+	+	+	-	E	NE	3-A
	Marujá	12	-	+	+	+	-	+	D	NE	3-C
		13	+/+	-/-	-/-	-/+	+/+	-/+	T	NE	3-B
		14	-/-	+/-	+/-	-/-	-/-	-/-	E	NE/SO	3-A
		15	-/+	+/-	+/-	+/+	+/+	-/+	T	SO	3-B
		16	-/-	+/+	+/+	-/-	-/-	-/-	E	SO	3-A
		17	+/-	-/+	-/+	+/+	+/+	+/-	T	SO	3-B
		18	+/+	-/-	-/-	-/+	-/+	+/+	D	NE	3-C
		19	-	+	+	-	-	-	E	NE	3-A

Resultado: (+) deposição, (-/+ , +/-) transporte, (-) erosão. Processo: D – deposição, T – transporte, E – erosão.

A Praia do Perequê, no período de inverno, apresentou processos de deposição de sedimentos nas extremidades e erosão na porção intermediária; no período de verão apresentou processo de transporte e deposição no sentido WE. Este fato pode ter ocorrido devido à maior intensidade de ondulações vindas do oceano no período de inverno, sendo que no verão o processo de transporte em função da variação de maré é mais efetivo. No entanto, a avaliação dos sentidos de deriva litorânea e transporte de sedimento nesta praia está sujeito também a outros fatores, uma vez que esta praia localiza-se no interior da baía de Trapandé, onde a influência do transporte das correntes de maré é mais efetiva do que as correntes de deriva. Há também a influência do aporte de sedimentos do Rio Perequê e a influência de ondulações formadas por ventos com direção predominantemente SW devido à forma da baía de Trapandé e à presença da elevação da Ilha do Cardoso impedindo a entrada de ventos sul na baía.

De qualquer maneira, a conformação da Praia do Perequê, com um embaiamento na sua porção média, indica uma tendência erosiva neste trecho.

A Praia do Itacuruçá apresentou características opostas para os períodos de inverno e verão. No inverno, o sentido do transporte litorâneo foi de sul para norte e no verão de norte para sul. Isso pode ser explicado pela maior influência das frentes frias no período de inverno, com predominância de ventos vindos do sul. No verão, quando este fenômeno é menos intenso, o transporte predominante no sentido SW sugerido por Souza, (1997) passa a ser mais atuante. No entanto, dois fatores que podem modificar os padrões gerais das interpretações estão presentes nesta praia: a proximidade do perfil 4 (ao norte) da barra de Cananéia, onde estão presentes bancos de areia que podem servir de suprimento de sedimentos para este trecho da praia em eventos de tempestade, por exemplo; e a praia em forma de cabo de guarda-chuva. Souza (1997) discute a modificação dos padrões granulométricos e de selecionamento neste tipo de praia.

Indicadores de deposição de sedimentos observados em campo e a presença de “soterramento” de um manguezal na região próxima ao perfil 4 indicam uma tendência de deposição na parte norte desta praia a longo prazo.

A Praia de Ipanema, não pode ser avaliada com relação à direção do transporte litorâneo. No entanto, devido à sua conformação, há uma tendência de acumulação de sedimentos na sua porção sul, muito provavelmente devido a presença de um banco rochoso neste trecho.

A Praia do Cambriú apresentou tendência de transporte de sedimentos de sul para norte em ambos os períodos analisados. Avaliando-se a direção das ortogonais de ondas observadas nas ortofotos, e indicadores de deposição praial, a direção indicada pela comparação dos pontos de amostragem parece estar correta. A localização da Ilha do Cambriú e da ponta do Cambriú pode fazer com que as direções dos trens de ondas sofram uma refração inclinando-se na direção norte.

As Praias da Laje e do Fole foram avaliadas como uma só praia. A análise mostrou uma tendência de deposição na porção norte da praia e erosão na porção sul em ambos os períodos analisados. Este fato corrobora a tendência de transporte litorâneo no sentido N-S, predominante na região.

A Praia do Marujá, com 16 km de extensão, é a maior da área de estudo e apresentou diferenças nos padrões gerais de transporte do inverno para o verão. No inverno ocorrem dois pontos de divergência das

correntes litorâneas próximo ao ponto de localização dos perfis 15 e 17, gerando áreas com processo erosivo. Zonas de convergência das correntes localizadas próximo aos (perfis 13, 16 e 19), geram áreas de deposição. Estas áreas parecem corroborar as observações de indicadores de erosão realizadas em campo. No verão, o transporte foi mais homogêneo, com direção predominante de NE para SW a partir do ponto localizado próximo ao perfil 14, havendo uma zona de convergência próxima ao perfil (18). Este dado corrobora a tendência geral de direção indicado por (SOUZA, 1997). No inverno, muito provavelmente devido à passagem de frentes frias, formam-se pequenas células de deriva litorânea ao longo desta praia, não sendo possível indicar um padrão geral de transporte.

Embora a metodologia apresentada aqui tenha se mostrado confiável para a avaliação do transporte de sedimentos ao longo das praias, é importante destacar que este não é o único fator que influencia na avaliação da sensibilidade geral das praias aos derramamentos de óleo. Um trecho da praia, mesmo que esteja em processo erosivo, pode ser muito sensível em função das atividades de uso humano como lazer e recreação, ou em função da presença de algum grupo ou espécie em especial. Estes aspectos serão melhor discutidos adiante.

As figuras 36 e 37 mostram as praias de acordo com a subclassificação proposta.

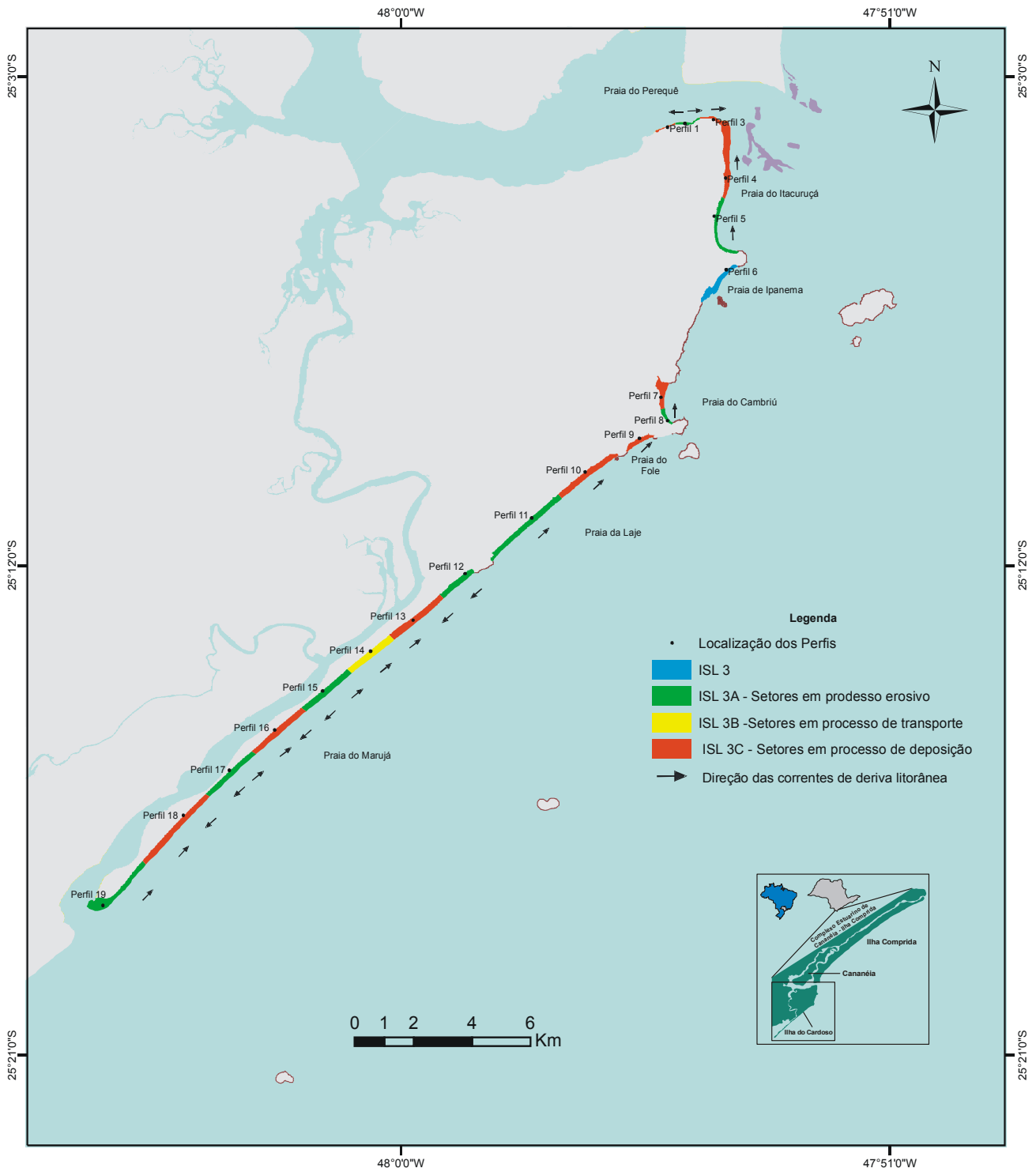


Figura 36 – Mapa de praias subdivididas e direções do transporte litorâneo, para o período de inverno.

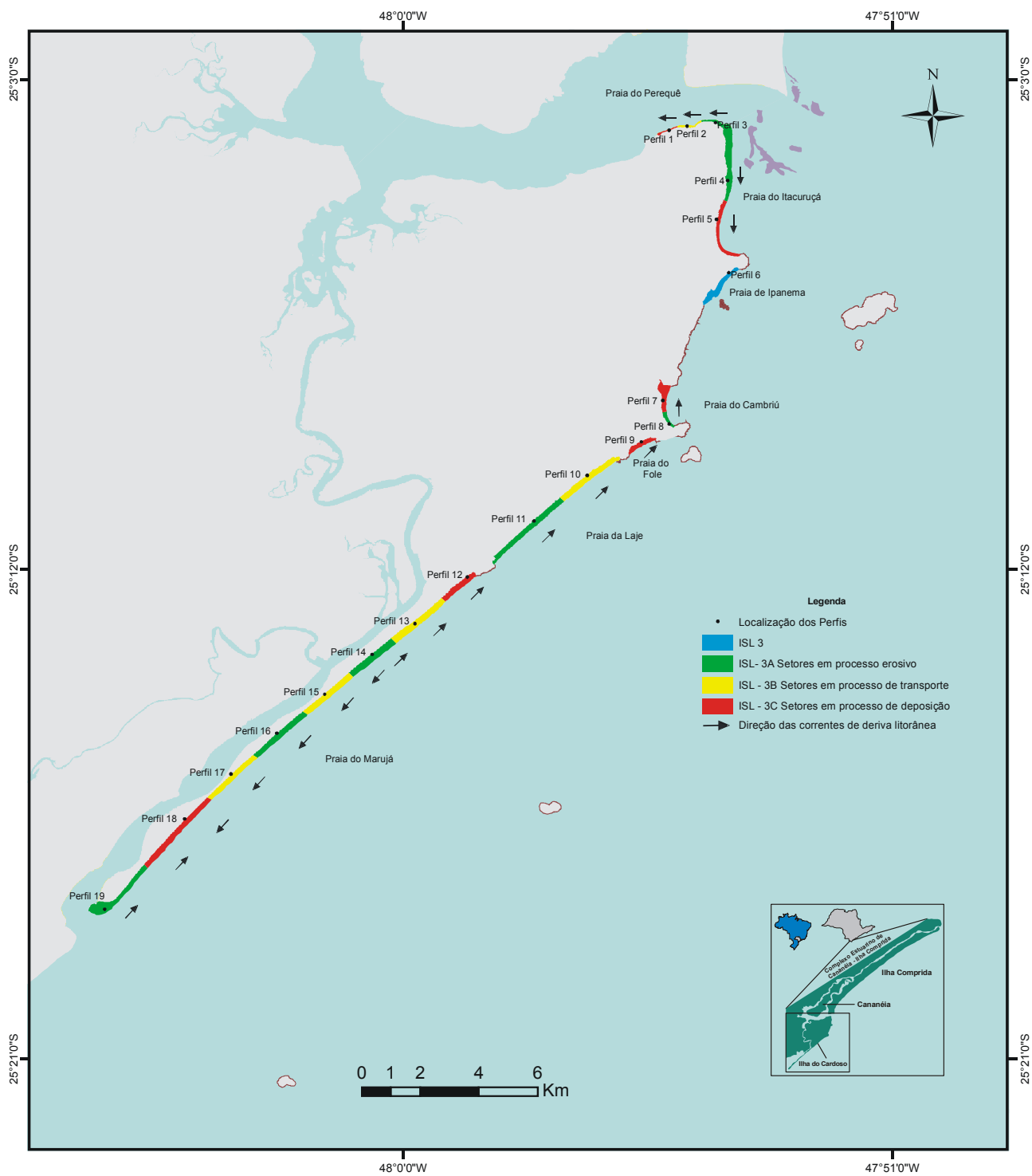


Figura 37 – Mapa de praias subdivididas e direções do transporte litorâneo, para o período de verão.

9.1.2 – Litorais Rochosos

Os parâmetros avaliados para a classificação destes ambientes quanto à sensibilidade aos derramamentos de óleo segundo MMA (2004) são, essencialmente, o nível de exposição hidrodinâmica (alta, litoral rochoso exposto ou baixa, litoral rochoso abrigado) e o tipo de rocha (lisa, não lisa ou depósito de tálus). A classificação da sensibilidade destes ambientes é sintetizada na tabela 9.

Tabela 9 - Síntese dos parâmetros utilizados para a classificação da sensibilidade dos costões rochosos a derramamentos de óleo segundo (MMA, 2004).

ISL	Ambientes e características
1	Costões rochosos lisos, declividade alta, expostos
2	Costões rochosos lisos, declividade baixa, expostos
6	Depósito de tálus
8	Encosta de rocha, abrigada

Neste estudo, o tipo de costão rochoso designado de depósito de tálus pelo MMA (2004) será considerado como de litoral de matacões.

A análise do tabela 9 revela que muitos parâmetros importantes para a classificação detalhada dos diferentes tipos de costões rochosos encontrados no litoral brasileiro não são considerados. Por exemplo, não há uma diferenciação clara entre litoral de matacões expostos e litoral de matacões abrigados. Um costão rochoso liso abrigado e um litoral com matacões, também abrigado, seriam, ambos, classificados com ISL 8.

Um parâmetro importante para a presença de maior ou menor riqueza biológica em costões rochosos é a presença de heterogeneidades (fraturas, cavidades, tocas, etc) que se tornam refúgios para a biota. Este parâmetro, todavia, não é considerado para a definição do ISL. É bastante conhecida na literatura a importância destes micro-habitats nos costões rochosos para o aumento da riqueza biológica, onde espécies

vulneráveis a estresses físicos ficam protegidas, assegurando a manutenção de suas populações (CONNELI, 1972; SUTHERLAND, 1987; MILANELLI, 2003).

Outro aspecto importante é que a avaliação do nível de exposição hidrodinâmica pode ser relativa quando se considera ambientes essencialmente marinhos, com ambientes estuarinos. Os ambientes estuarinos, são, por definição, abrigados da ação hidrodinâmica. Assim, um costão rochoso abrigado num ambiente marinho, é diferente de um costão abrigado num ambiente estuarino, sendo que neste último caso, o nível de exposição hidrodinâmica, é, em geral, acentuadamente menor.

Portanto, propõe-se aqui um refino na classificação dos litorais rochosos, de acordo com a composição das rochas (lisa, matacões ou heterogênea), e o nível de exposição ao hidrodinamismo (tabela 10).

Tabela 10 - Classificação dos litorais rochosos e ISL em função da textura da rocha e hidrodinamismo.

ISL	Ambiente e características
1	Costão rochoso liso, exposto, marinho
6-A	Litoral de matacões, exposto, marinho
6-B	Litoral heterogêneo, exposto, marinho
8-A	Litoral rochoso liso, abrigado, marinho
8-B	Litoral rochoso liso, estuarino
8-C	Litoral de matacões, abrigado, marinho
8-D	Litoral heterogêneo, abrigado, marinho
8-E	Litoral de matacões, estuarino
8-F	Litoral heterogêneo, estuarino

A sub-classificação dos ambientes litorâneos têm sido proposta por órgão ambientais NOAA, (2002), levando-se em consideração o tipo de ambiente (estuarino, marinho, fluvial etc) e mesmo sua localização geográfica (e.g. costa leste, costa oeste dos Estados Unidos e costa do Alasca).

A sub-classificação dos índices de sensibilidade dos ambientes litorâneos ao derramamento de óleo faz-se necessário quando o mapeamento é realizado em escala detalhada, onde pequenas variações podem ser mapeadas. Em escalas não detalhadas, onde o objetivo do mapa não é operacional, e sim de orientação regional, uma classificação menos detalhada pode ser considerada.

Procurou-se aqui, utilizar os mesmos conceitos utilizados na classificação geral dos ambientes quanto à sua sensibilidade aos derramamentos de óleo (hidrodinamismo, tipo de substrato e sensibilidade biológica), sendo a sub-classificação apenas uma maneira de melhor representar as diferenças dos ambientes em escala detalhada.

A figura 38 apresenta a distribuição dos litorais rochosos encontrados na região estudada, sendo algumas de suas imagens encontradas no Atlas de Sensibilidade.

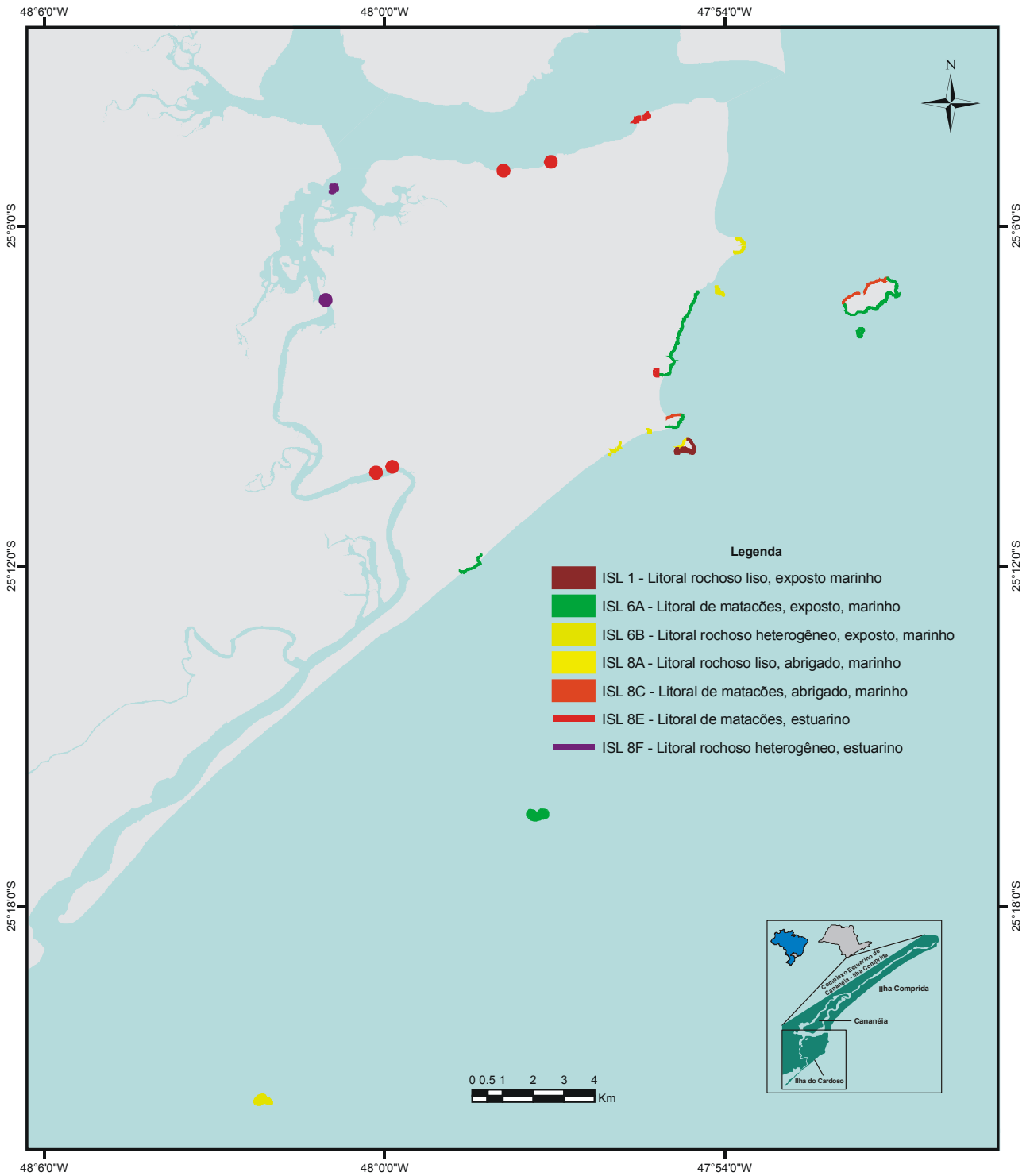


Figura 38 – Mapa de subclassificação dos litorais rochosos.

9.1.3- Manguezais

Os manguezais são classificados como o ecossistema abrigado mais sensível a derramamentos de óleo. Caso o óleo atinja seu substrato lamoso, pobre em oxigênio, ficará aí por muito tempo alojado, pois a biodegradação anaeróbia é muito lenta. Os efeitos do óleo em manguezais são hoje bem descritos na literatura internacional e nacional. Como exemplo de alguns estudos que tentam descrever os efeitos do petróleo em manguezais em longo prazo podem ser citados os trabalhos de Teas et al. (1987), Burns et al. (1993), Rodrigues et al. (1999). Embora os enfoques de avaliação sejam diferentes, os autores parecem concordar que os efeitos letais sobre os manguezais parecem durar de 5-7 anos e os efeitos subletais podem chegar a 20 anos ou mais. Todos os autores também discutem que um dos principais fatores para um efeito tão prolongado é o baixo nível hidrodinâmico, que impede a lavagem e retirada natural do óleo e o soterramento do mesmo em sedimentos com pouco oxigênio, fazendo com que o óleo fique por muito tempo aprisionado nos sedimentos.

Levando este fato em consideração, parece razoável a classificação do manguezal em função dos tipos fisiográficos. Essa classificação apenas faz sentido em manguezais extensos, e no caso de um grande acidente de derramamento de óleo, em que toda a região estuarina seja atingida; se diferentes áreas do manguezal tiverem que ser priorizadas na ação de combate ao acidente, aquelas claramente progradantes (menor hidrodinamismo; eg. barras de maré; bancos lamosos com *Spartina* devem ser as escolhidas para uma proteção especial. Em locais com manguezais incipientes ou restritos, associados a desembocadura de canais fluviais, a proteção destes deve ser naturalmente priorizada em relação qualquer outro ambiente litorâneo. As figuras exemplificando os tipos fisiográficos dos manguezais podem ser vistas no Atlas de Sensibilidade.

9.2 - Os Ambientes e Feições Marinhas, Estuarinas e Fluviais: necessidade de integração do Índice de Sensibilidade

Em função das características da área em estudo, foram mapeados ambientes litorâneos marinhos (praias oceânicas, costões rochosos) ambientes estuarinos (praias estuarinas, costões estuarinos, manguezais, baixios lodosos e arenosos, estruturas artificiais) e feições fluviais, como praias e margens de rios.

As Normas Técnicas para Elaboração das Cartas SAO no Brasil, MMA (2004), consideram detalhadamente poucos ambientes dentre os estuarinos e não consideram os ambientes fluviais. Para feições fluviais na Amazônia, foi estabelecida uma hierarquização de acordo com a sensibilidade a derramamentos de óleo (Petrobras, 2002). No entanto, há a necessidade de uma descrição mais detalhada de ambientes estuarinos e fluviais e uma classificação integrada que leve em consideração as interfaces entre estes sistemas.

Será proposta aqui uma classificação preliminar dos ambientes e feições encontrados na região em estudo. A intenção não é elaborar uma classificação final detalhada, apenas chamar a atenção para o fato de que alguns ambientes e feições não se enquadram naqueles propostos pelo (MMA, 2004).

Tabela 11- Proposta de integração do Índice de Sensibilidade Ambiental a derramamentos de óleo para ambientes e feições marinhas, estuarinas e fluviais do PEIC e áreas do entorno.

Índice de sensibilidade Ambiental	Tipo de Ambiente
1	Litoral rochoso, liso, exposto, marinho. Margens rochosas lisas fluviais.
3-A	Praia de areia fina, em processo erosivo, marinha.
3-B	Praia de areia fina, em processo de transporte, marinha.
3-C	Praia de areia fina, em processo de deposicional, marinha.
4	Praia de areia fina, estuarina ou fluvial
6-A	Litoral de matacões, exposto, marinho.
6-B	Litoral rochoso heterogêneo, exposto, marinho.
7	Barras de maré semi-submersas
8-A	Litoral rochoso liso, abrigado, marinho
8-B	Litoral rochoso liso, estuarino
8-C	Litoral de matacões, abrigado, marinho
8-D	Litoral rochoso heterogêneo, abrigado, marinho
8-E	Litoral de matacões, estuarino
8-F	Litoral heterogêneo, estuarino
9	Bancos de lama ou areia
10	Manguezal Banhados e áreas alagadas fluviais

9.3 - A Escala de Elaboração das Cartas SAO X Nível de Representação Adequado

As Cartas de Sensibilidade a Derramamentos de Óleo, Cartas SAO, são utilizadas principalmente como ferramentas de gerenciamento em momentos de combate a derramamentos de óleo. Por isso, as informações a respeito da sensibilidade dos ambientes e feições, a representação das atividades de uso humano, acessos e informações biológicas devem atender principalmente a este objetivo. Logo, a representação geográfica deve ser de tal nível que o maior número de informações possíveis seja evidenciado, sem que haja excessos, prejudicando então a fácil compreensão das cartas. Essa relação entre nível de representação das informações está intimamente relacionada com a escala e tamanho da impressão das cartas. Como o tamanho de impressão foi definido segundo critérios de facilidade de manuseio em campo (papel em tamanho A3), então a escala utilizada definirá o nível de detalhe das informações.

Neste trabalho, optou-se pela impressão de cartas em três escalas – 1:140.000, 1:50.000 e 1:25.000. Procurou-se representar as informações pertinentes ao nível de detalhe permitido em cada escala. A carta na escala 1:140.000 (carta tática), contém os ambientes e feições costeiras divididos de acordo com o ISL, acessos e informações da distribuição espacial dos principais grupos biológicos. Não foi representada nesta carta informação de uso humano ou informações biológicas por meio de ícones, pois o nível de detalhe não permitiria.

Nas cartas 1:50.000, todas as informações estão representadas, com exceção das algumas informações sobre ocupação humana. No entanto, as informações foram simplificadas, ou seja, nem tudo está representado, procurando-se evitar o excesso de informações. Por exemplo, numa região onde havia muitos cercos de pesca, foi representado apenas um ponto na região. Uma vez que a representação de todos os pontos causaria um excesso de informação desnecessária.

Embora a escala de mapeamento das feições através das ortofotos permitisse a elaboração de cartas na escala de 1:10.000, considerando-se as características dos ambientes (segmentos muito alongados como praias, ou grandes áreas de manguezal) optou-se pela confecção das cartas na escala de 1:25.000. Esta

escala mostrou-se mais adequada para a representação de todas as informações importantes sem que houvesse a perda da noção espacial do conjunto das feições geográficas.

Ainda devido ao detalhamento no levantamento de dados relativo às ocupações humanas, nem todos foram representadas nos mapas, evitando-se excessos; todavia, elas estão disponíveis nos arquivos digitais.

9.4 - Atividades de Uso Humano

Pesca - Dentre as atividades praticadas na área do PEIC e entorno, a pesca é sem dúvida a mais importante e mais sensível a derramamentos de óleo. Na região é praticado um tipo de pesca que utiliza um aparelho confeccionado de varas de bambu chamado cerco de pesca. Este aparelho aprisiona o peixe que entra na maré alta por uma armadilha, e não consegue sair quando a maré baixa. Estes cercos são dispostos com maior frequência em áreas de bancos de lama. Este tipo de pesca é especialmente sensível a derramamentos de óleo, pois os pontos de pesca são fixos e o material utilizado para a confecção pode ser impregnado pelo petróleo espantando os peixes. Foram mapeados 82 cercos fixos na região.

Mendonça e Katsuragawa (2001) discutem que a pesca com o cerco fixo é dirigida especialmente para a tainha (*Mugill platanus*), porém no inverno outras espécies como parati, carapeba, corvina e robalo são capturadas. Os referidos autores avaliaram o desembarque da produção pesqueira artesanal em Cananéia no ano de 1996, que apresentou uma média mensal próximo de 10 t/mês.

Apenas para fins ilustrativos, se considerarmos o evento de um derramamento de óleo na região que cessasse a atividade pesqueira por 1 mês, e levando-se em consideração um preço médio de 1 kg de pescado valendo R\$ 10,00, haveria um prejuízo mensal de R\$ 100.000,00 apenas com a produção de pesca artesanal.

Turismo – o turismo na região é uma importante fonte de renda para as comunidades tradicionais, principalmente nos períodos de alta temporada. Um derramamento de óleo causaria sérios danos a essa fonte de renda dos moradores locais.

Sítios arqueológicos – os sítios arqueológicos encontrados na região (sambaquis) são especialmente sensíveis a derramamentos de óleo por estarem em áreas de influência de maré. Os sambaquis são encontrados nas margens dos canais da região estuarina. Os sambaquis são sensíveis ao óleo não só pela sua imensa importância histórica, mas também devido ao tipo de material de que são constituídos. Como são formados de um acumulado de conchas calcáreas, estes pontos possuem características de infiltração do óleo semelhantes às praias de cascalho. Assim, sua proteção deve ser priorizada nos momentos de combate a possíveis derramamentos de óleo na região.

9.5 - Sensibilidade da Fauna

A região em estudo está totalmente inserida em alguma categoria de unidade de conservação, sendo que é uma das regiões mais protegidas do Estado de São Paulo. Devido a isso, abriga uma rica e diversa fauna e flora, sendo muitas espécies enquadradas em alguma categoria de proteção nacional ou internacional.

Entre os mamíferos, destaca-se a importância do golfinho *Sotalia fluvialis*, que ocorre em alta densidade principalmente na Baía de Trapandé, e a lontra *Lontra longicaudalis*, que ocorre associada aos canais de drenagem secundários da área estuarina. Ocorrem também, principalmente próximo as ilhas oceânicas, algumas espécies de mamíferos marinhos como baleias e lobos marinhos. Estas espécies são mais frequentes no inverno, buscando alimentação na região. Entre os répteis destacam-se as cinco espécies de tartarugas marinhas que se alimentam na região e o jacaré-do-papo-amarelo, *Cayman latirostris*, espécie ameaçada de extinção para o Estado de São Paulo.

Com relação aos invertebrados, destaca-se a importância dos manguezais da região para os caranguejos. Não há um levantamento sistemático para este grupo na região; porém, levando-se em consideração a extensão da área de manguezais, pode-se inferir a grande quantidade deste grupo na área.

Ocorre na região um grande número de espécies de aves aquáticas marinhas e continentais. Para este grupo foi realizado um levantamento sistemático em campo, será tratado com maior detalhe a seguir.

9.5.1 - Sensibilidade das Aves Aquáticas ao Petróleo

As aves aquáticas da área estudada representam um dos grupos de animais mais sensíveis a um possível derrame de óleo na região, pois ocorrem em grande densidade. Elas foram divididas em grupos ecológicos denominados de guildas. Os guildas são considerados pelos ecólogos como grupos de espécies de tamanho similar, que exploram um recurso alimentar comum, de modo similar. Para a classificação dos guildas, foi elaborada a seguinte hipótese: imaginando-se a presença de óleo na lâmina d'água, qual a probabilidade de uma espécie entrar em contato com o óleo, e qual a possibilidade de permanecerem por mais tempo em contato com o mesmo.

A classificação aqui apresentada é uma classificação relativa entre as espécies, o que não significa que todas as espécies não sejam sensíveis no caso de um derramamento de óleo.

A seguir apresenta-se a descrição dos guildas e os critérios para a classificação das espécies.

Guilda 1 – é o que reúne as espécies de maior sensibilidade. Nele estão as espécies que apresentam um comportamento alimentar que define um maior tempo em contato com a água, como é o caso da espécie *Phalacrocorax brasilianus* (biguá). Esta espécie encontra-se com grande frequência na área; são perseguidores subaquáticos, ou seja, alimentam-se de peixes nadando sob a lâmina d'água. Devido a esse comportamento, muitas vezes permanecem por vários minutos submersas, perseguindo suas presas. Desta maneira, estão muito susceptíveis ao contato com o óleo na água. Além disso, para conseguirem voar novamente, depois de encharcadas, estas espécies ficam expostas ao sol, secando-se com as asas abertas. O óleo em contato com as penas destas aves impede esse processo de secagem e impede que estas aves voem novamente, além de aumentar sobremaneira a temperatura corpórea, ocasionando sérios danos por recobrimento físico e inanição.

As outras espécies deste guilda são o mergulhão, *Podiceps major*, que apresenta comportamento de pesca similar ao do biguá. Os martins-pescadores apresentam diferente comportamento alimentar: ficam empoleirados em árvores às margens dos canais avistando um peixe sob a água; mergulham então rapidamente para pegá-los. Desta maneira possuem maior probabilidade de entrar em contato com o óleo, contato este que ocasionaria os efeitos de recobrimento físico e impedimento de vôo, interferindo na sua capacidade de alimentação. Os trinta réis, que ocorrem com maior frequência na baía de Trapandé, voam sobre a água à procura dos cardumes de peixes, mergulhando rapidamente para capturá-los. O talha mar, embora não mergulhe para capturar peixes, foi agrupado neste guilda pois possui o comportamento alimentar de voar paralelamente à linha d'água com o bico aberto, capturando pequenos peixes, insetos e zooplâncton. Devido a esse comportamento alimentar, estão altamente susceptíveis à ingestão de óleo que esteja na lâmina d'água. A ingestão de hidrocarbonetos e seus derivados, principalmente das frações mais leves, é altamente tóxica, além disso, a ingestão de óleo por essas espécies obstruiria seus aparelhos filtradores, matando-as por inanição.

Guilda 2- este guilda reúne espécies menos sensíveis, comparativamente ao guilda 1. Estas espécies apresentam comportamento alimentar de pesca ou captura de alimento sob ou sobre a água. Desta maneira não apresentam um comportamento de submersão ou de ingestão de água similar as do guilda 1; seu contato com a água é superficial, estando menos susceptíveis ao recobrimento físico ou à ingestão dos hidrocarbonetos derivados de um derrame de óleo. Este guilda, apesar de apresentar menor sensibilidade, agrupa as espécies com maior frequência na área, destacam-se as garças que são muito frequentes, e a saracura. A tabela 12, apresenta as espécies agrupadas de acordo com sua sensibilidade a derramamentos de óleo.

Tabela 12- Classificação das espécies em guildas de comportamento alimentar, levando-se em conta sua sensibilidade a derramamentos de petróleo.

GUILDA 1		GUILDA 2	
Perseguidores subaquáticos, mergulhadores superficiais		Pescadores superficiais, espécies que alimentam-se sobre a água.	
Espécie	Nome popular	Espécie	Nome popular
<i>Podiceps major</i>	Mergulhão Grande	<i>Ardea cocoi</i>	Garça cinza
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Biguá	<i>Casmerodius albus</i>	Garça branca grande
<i>Anhinga anhinga</i>	Biguatinga	<i>Egreta thula</i>	Garça branca
<i>Cairina moschata</i>	Pato selvagem	<i>Egreta caerulea</i>	Garça azul
<i>Sterna hirundinacea</i>	Trinta réis do bico vermelho	<i>Trigrissoma lineatum</i>	Socó
<i>Sterna hirundo</i>	Trinta réis boreal	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Socozinho
<i>Sterna maxima</i>	Trinta réis real	<i>Nycticorax violaceos</i>	Soco galonha
<i>Phaetusa simplex</i>	Trinta réis grande		
<i>Larus dominicanus</i>	Gaivotão	<i>Himantopus himantopus</i>	Pernilongo
<i>Larus maculipenis</i>	Gaivota Maria velha	<i>Mycteria americana</i>	Cabeça seca
<i>Rhynchops nygra</i>	Talha mar	<i>Ajaia ajaia</i>	Colhereiro
<i>Ceryle torquata</i>	Martim pescador grande	<i>Phoenicopterus ruber</i>	Flamingo
<i>Chloroceryle amazona</i>	Martim pescador verde	<i>Aramides mangle</i>	Saracura do mangue
<i>Chloroceryle americana</i>	Martim pescador pequeno	<i>Charadrius colaris</i>	Batuíra de coleira

Durante os trabalhos de campo, todos os indivíduos das espécies avistadas foram contados. Foi realizada uma comparação entre as frequências de avistamentos das espécies que compõem os guildas de sensibilidade a derramamentos de óleo para os períodos de outono/inverno e primavera/verão para a área

estuarina. As observações foram feitas várias vezes no mesmo trajeto e em períodos diferentes; portanto, é possível que o mesmo indivíduo tenha sido contado mais de uma vez. A seguir são apresentadas as frequências de avistamentos das espécies para os dois guildas e períodos analisados, o que é um retrato parcial, mas com significado, da ocorrência quali-quantitativa das aves aquáticas na região.

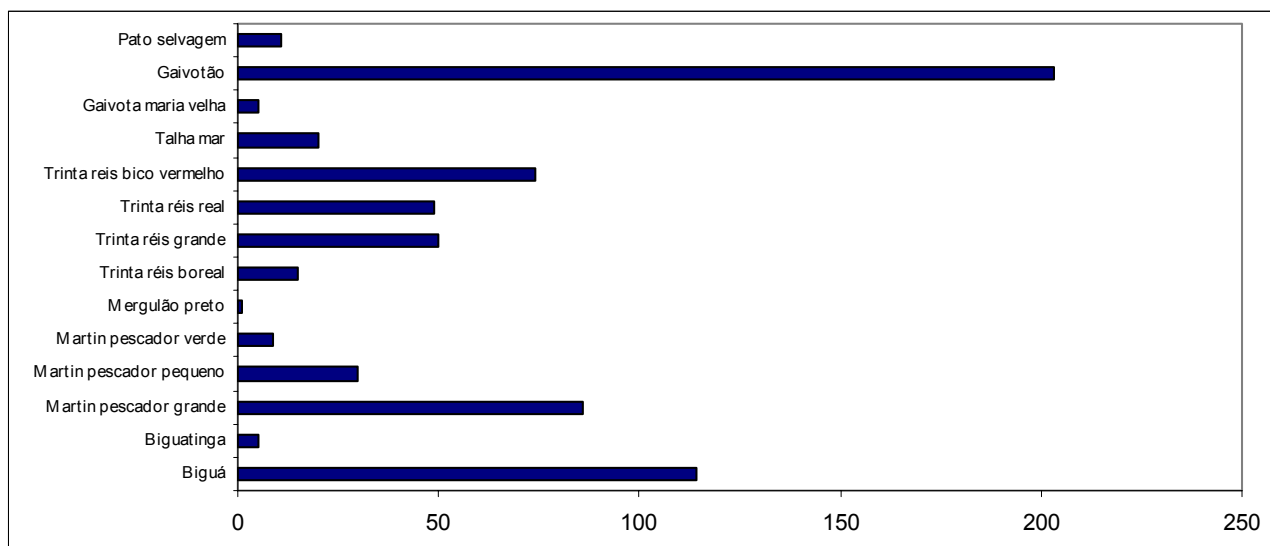


Figura 39 – Frequência de avistamentos de espécies do guilda 1 (maior sensibilidade) no período de outono-inverno.

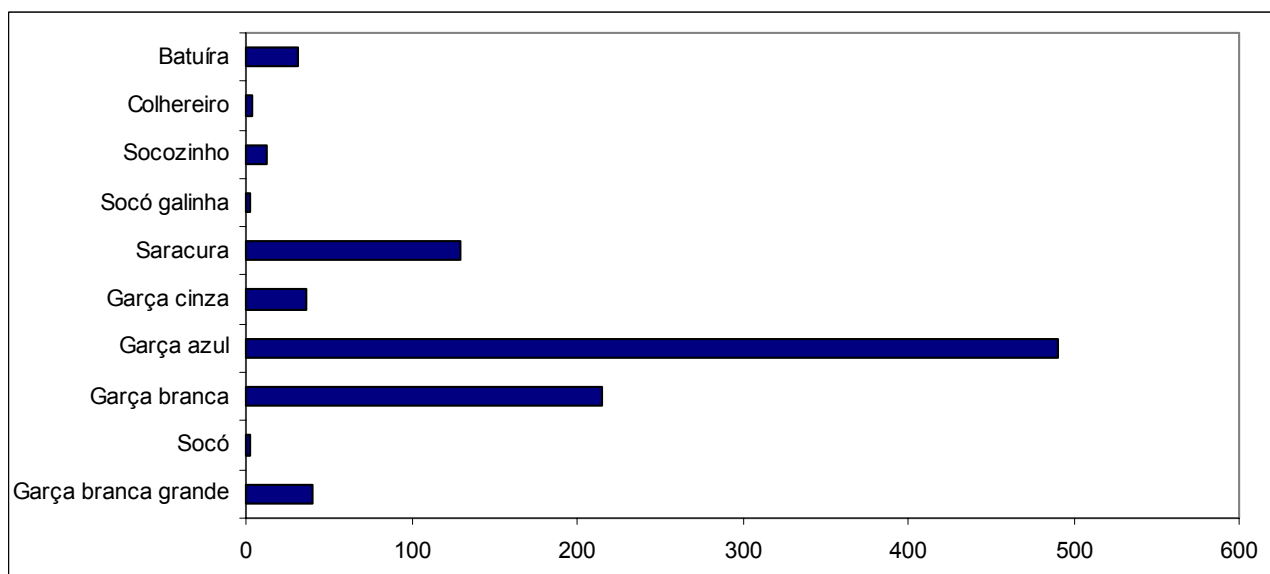


Figura 40 – Frequência de observações para as espécies do guilda 2 (menor sensibilidade) no período de outono-inverno.

As espécies referentes ao guilda 1 foram avistadas com menor frequência do que aquelas do guilda 2. Isso se dá principalmente pelo grande número de garças (guilda 2) presentes na área. Todas as espécies deste grupo ocorrem na porção estuarina da área de estudo. Aproveitam-se muito bem das áreas lamosas (bancos de lama) que se formam nas marés baixas, para se alimentar (SICK, 2001). Destaca-se o grande número de avistamentos da espécie *Egretta caerulea*, garça azul, no período de outono/inverno. Este fato não é muito comum, pois em outras regiões a espécie *Egretta thula*, garça branca, é sempre encontrada com maior frequência.

Para o guilda 1, neste período, o gaivotão, *Larus dominicanus*, foi a espécie de maior frequência, seguida do biguá, *Phalacrocorax brasilianus*. O gaivotão ocorre na baía de Trapandé, porém é mais comumente avistado nas praias da região oceânica. O biguá tem distribuição restrita à porção estuarina e sua distribuição está restrita à baía de Trapandé e os principais canais de drenagem.

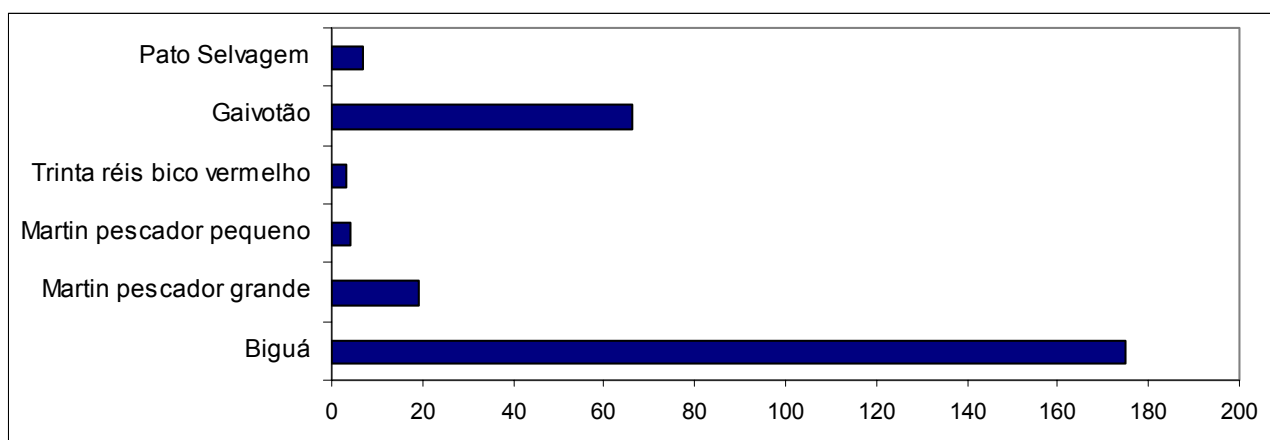


Figura 41 – Frequência de avistamentos para as espécies do guilda 1 (maior sensibilidade) no período de primavera/verão.

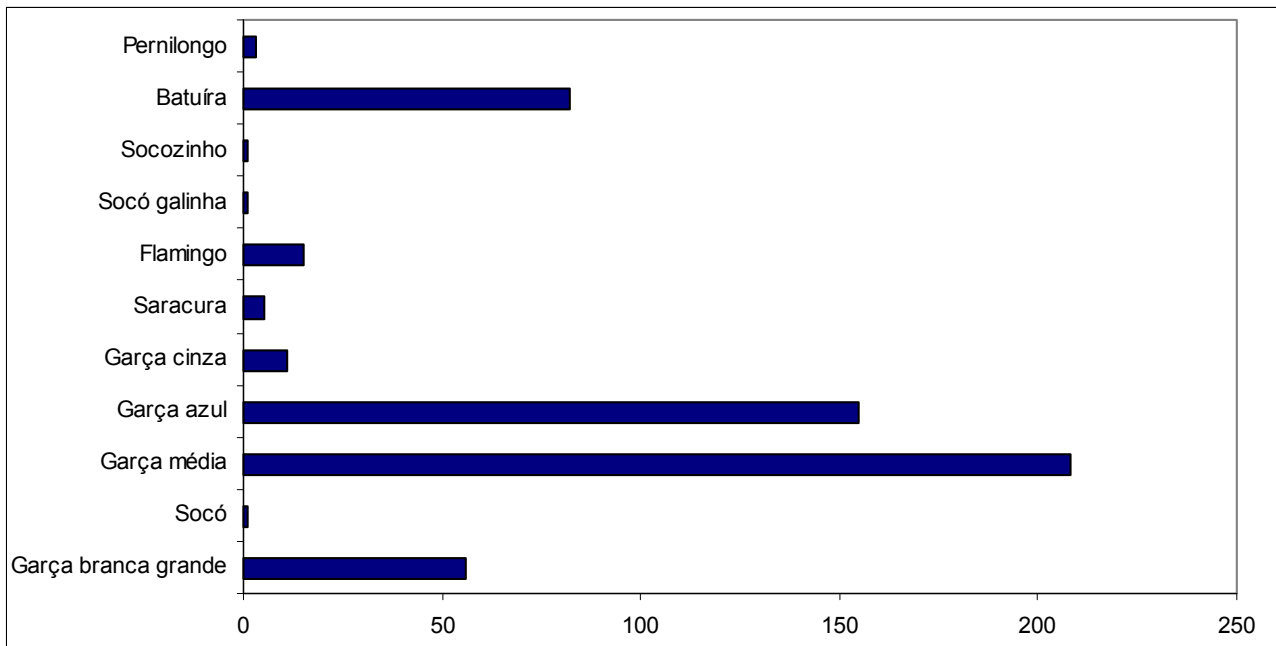


Figura 42 – Frequência de avistamentos para as espécies do guilda 2 (menor sensibilidade) no período de primavera/verão.

No período de primavera/verão o biguá foi a espécie mais freqüente para o guilda 1 e o número de avistamentos foi maior em comparação com o período de outono/inverno. Contrariamente, os avistamentos de gaivotão foram menores no período de primavera/verão do que no outono/inverno. Essas diferenças podem estar associadas aos períodos reprodutivos das espécies ou disponibilidade de recurso alimentar.

Para o guilda 2, no período de primavera/verão os números de avistamentos das garças branca e azul se inverteram; destaca-se o aumento da freqüência da batuíra-de-coleira, *Charadrius colaris*. Esta é uma espécie conhecidamente migratória, ocorrendo em todo o continente americano (SICK, 2001). Na região é encontrada com grande freqüência nas praias oceânicas, aos bandos, e alimentam-se de invertebrados na areia das praias na linha d'água à medida que a sobe com a maré.

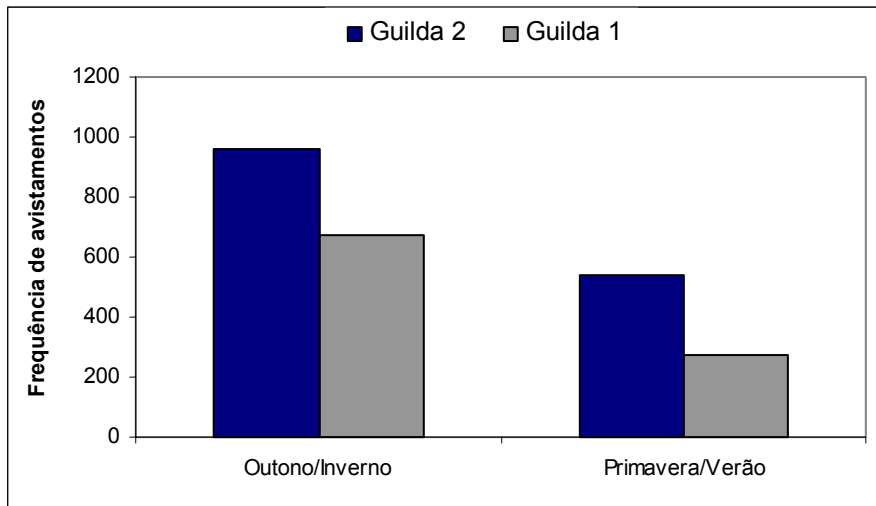


Figura 43- Frequência de avistamentos de aves aquáticas para os dois guildas analisados nos períodos de outono/inverno e primavera/verão.

Para ambos os períodos analisados, as espécies do guilda 2 foram mais frequentemente avistadas do que as do guilda 1. Comparando-se os períodos, houve maior frequência para os dois grupos no outono/inverno. Este fato deve estar relacionado com a disponibilidade de alimento. No inverno, ocorre o período de reprodução de muitas espécies de peixes na região estuarina, com destaque para a tainha. A reprodução destas espécies é uma grande fonte de alimentos para as espécies aquáticas pescadoras.

O grupo das aves pode ser um bom indicador biológico de sensibilidade ao derramamento de óleo, isso porque possui ampla distribuição em todos os ambientes litorâneos da região e utiliza uma gama variada de recursos alimentares (insetos, anelídeos, poliquetas, peixes, entre outros). Também, devido à sua fácil observação são analisados com relativa facilidade e podem ser quantificados.

Para a área em estudo e com relação ao período analisado, o período de outono/inverno foi aquele em que se avistou maior quantidade de aves de todos os grupos. Desta maneira, podemos considerar, com relação a este aspecto, um período de maior sensibilidade aos derramamentos de petróleo.

Embora a metodologia de levantamento das aves aquáticas da região não seja quantitativamente rigorosa, os dados obtidos podem ser muito úteis para a avaliação de impactos decorrentes de possíveis

derramamentos de óleo na região, servindo como um suporte de informações prévias sobre a frequência de espécies na região.

9.6 - Áreas prioritárias de proteção e áreas de sacrifício

Áreas prioritárias de proteção podem ser consideradas como áreas que - levando-se em consideração os aspectos da sensibilidade dos ambientes (representada pelo ISL), os aspectos biológicos (como áreas de distribuição, alimentação, reprodução ou alta densidade de espécies sensíveis) e os aspectos de uso humano - devem ser priorizadas nos momentos de combate aos derramamentos de óleo. Ou seja, são áreas onde as equipes de combate devem agir com antecedência.

Áreas de sacrifício podem ser entendidas como áreas onde os esforços de combate e limpeza podem ser secundarizados. Ou seja, para a escolha de áreas de sacrifício deve-se levar em consideração a sensibilidade dos ambientes (escolhendo-se sempre que possível os ambientes menos sensíveis), e locais com menor presença de atividades de uso humano e recursos biológicos sensíveis. Outro aspecto a ser considerado para as áreas de sacrifício são as atividades de combate (contenção e remoção do óleo), neste caso, devem ser escolhidas áreas onde essas atividades possam ser feitas com maior facilidade. Por exemplo, nas atividades de contenção e remoção do óleo, em algumas situações, determinados locais têm que ser selecionados para o direcionamento das manchas de óleo, para que a remoção seja realizada. Nestes locais, deve ser possível a utilização de equipamentos como barcaças recolhedoras, skimmers, entre outros; portanto, devem ser locais de fácil acesso a esses equipamentos e com características hidrodinâmicas adequadas para o manuseio dos mesmos.

Os critérios para definição destas áreas não são triviais no caso da região estudada, pois é uma região altamente preservada e com alta diversidade e riqueza biológica. Além disso a porção estuarina da área é quase completamente formada por manguezais, que são os ambientes litorâneos mais sensíveis aos

derramamentos de óleo. Além disso os aspectos de uso humano também são muito sensíveis, como a pesca tradicional e os sítios arqueológicos.

Essa região, se avaliada sob um contexto regional, seria apontada como uma área prioritária de proteção. No entanto, a probabilidade de ocorrência de um derramamento de óleo ocorre, e neste caso, áreas mais ou menos sensíveis devem ser relacionadas.

Como nas atividades de combate a grandes derramamentos de óleo é impossível proteger toda a costa ao mesmo tempo, são secundarizadas áreas de sacrifício que são aquelas em menor sensibilidade ambiental (de acordo com as características biológicas e a ausência ou baixa presença de atividades humanas).

Devido à grande diferença entre a porção estuarina e oceânica foram utilizados critérios diferentes para a definição das áreas de sacrifício para os dois setores. Já os critérios para áreas prioritárias de proteção foram os mesmos para ambos os setores, quais sejam:

- 1- ambientes que apresentaram ISL maior ou igual a 8.
- 2- área de 200 metros entorno dos pontos de cercos de pesca.
- 3- área de 200 metros entorno dos pontos de sítios arqueológicos, históricos, comunidades tradicionais, áreas de comércio ou recreação.
- 4- áreas que representavam sítios de distribuição, alimentação, repouso ou reprodução das espécies.

O critério escolhido para a definição das áreas de sacrifício na porção estuarina foi a condição de áreas que não se enquadraram como áreas prioritárias de proteção.

Para o setor oceânico, os critérios foram os costões rochosos com ISL 1 (menor sensibilidade) e os setores das praias que apresentaram simultaneamente, no período de verão e inverno, processo erosivo ou de transporte de sedimentos. Foram considerados também as condições de acessibilidade aos locais, alguns trechos de costões rochosos que pelos critérios acima descritos seriam determinados para áreas de sacrifício,

não foram porque as condições hidrodinâmicas de aproximação com embarcações para atividades de contenção e remoção de óleo não são adequadas.

Um mapa de áreas prioritárias de proteção e sacrifício foi obtido utilizando as ferramentas de consulta, disponíveis no SIG, sobre os atributos dos *feature classes* que continham as informações acima descritas. O mapa é apresentado na figura. 44.

É importante salientar que áreas de sacrifício não são todas as áreas que não são de proteção. Isso ocorreu no setor estuarino, porque muito poucas áreas não foram classificadas como prioritárias para proteção, segundo os critérios utilizados. Ainda, as áreas de sacrifício do setor estuarino são locais de acesso a embarcações de pequeno e médio porte, localizadas às margens do Canal de Ararapira, em trechos de praias ou margens fluviais, sendo que a contenção e remoção do óleo podem ser efetuadas nestes trechos.

No setor oceânico, muitos trechos não estão enquadrados em nenhuma das categorias. Neste caso, estas áreas foram os trechos das praias que não se apresentavam em processo de deposição. No caso das praias do setor oceânico, com exceção da Praia do Maruja, as condições de acesso são similares, sendo realizada por embarcação via mar. No caso da Praia do Maruja o acesso pode ser realizado por embarcação via Canal de Ararapira. Desta maneira, o aspecto de condição de acesso não foi levado em consideração para a definição das áreas de sacrifício neste caso.

O setor estuarino, como era esperado, apresentou-se quase que completamente como uma área prioritária de proteção. Isso ocorreu não apenas pela presença dos ambientes mais sensíveis, mas também pela grande densidade, riqueza e diversidade biológica e presença de espécies sensíveis; de outra parte pelas atividades de uso humano. Devido a esse aspecto algumas considerações sobre a importância da proteção desta área será discutido a seguir.

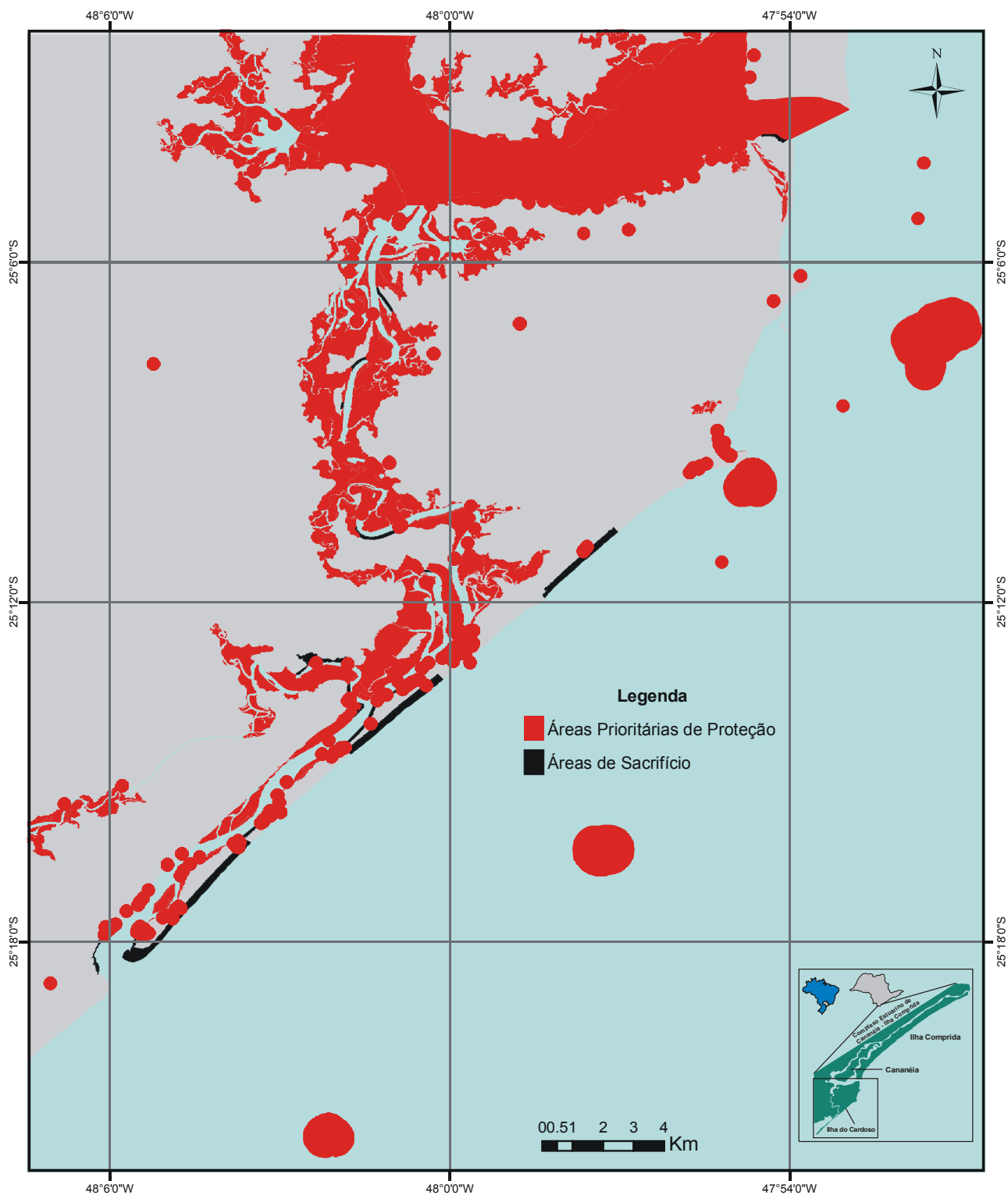


Figura 44 – Mapa de áreas prioritárias de proteção e áreas de sacrificio.

9.7- Importância da proteção da região a derramamentos de óleo.

Como já foi discutido, o setor estuarino da área em estudo é altamente sensível à derramamentos de óleo. Isso sobretudo porque há uma importante área de manguezal (ISL 10). Há um grande número de espécies ocorrendo em alta densidade sensíveis ao óleo (golfinhos, aves aquáticas, tartarugas marinhas, lontras, jacaré do papo amarelo, entre outras). O setor é uma das mais importantes áreas de desova de peixes, fazendo com que a região seja uma das mais produtivas em termos de pesca no Estado. Nele se registra importante atividade de pesca artesanal e turismo que sustenta as comunidades tradicionais, além de conter grande número de sítios arqueológicos (sambaquis). A região está completamente inserida em alguma categoria de unidade de conservação (APA, Parque Estadual e Parque Nacional), vide mapa de unidades de conservação no Atlas de Sensibilidade.

Em termos de susceptibilidade a derramamentos de óleo, a região pode ser considerada como pouco susceptível, pois não há pontos de risco de grandes vazamentos de óleo próximo à área. O risco de vazamentos está associado ao tráfego de navios e petroleiros em alto mar. Também há a possibilidade de acidentes que ocorram no porto de Paranaguá, localizado ao sul da área de estudo e, devido à direção das correntes costeiras na região serem no sentido norte, o óleo vazado neste local pode atingir a área em questão. No entanto, mesmo a susceptibilidade sendo baixa, um acidente em que uma quantidade de óleo fosse suficientemente grande para atingir a região estuarina provocaria um grave desastre ambiental.

Um paralelo em termos de impacto ambiental que seria ocasionado por um derramamento de óleo nesta região pode ser feito com o acidente ocorrido com o navio *Exxon Valdez* na baía de *Prince William*, no Alasca. A baía de *Prince William* é uma área localizada ao norte do Alasca que tem algumas características peculiares que agravaram os impactos ambientais do acidente. É uma região semiconfinada, onde o hidrodinamismo gerado pela ação das ondas e correntes marinhas é baixo; além disso, os principais ambientes litorâneos são praias de cascalho e litorais rochosos de grande heterogeneidade. O óleo que atingiu estes ambientes sofreu grande infiltração e devido a baixa ação hidrodinâmica a limpeza natural não

foi eficaz nestes ambientes. Além disso, devido ao clima muito frio da região, a biodegradação dos hidrocarbonetos foi muito lenta, sendo que resíduos de óleo foram encontrados oito anos após o acidente (MICHEL; HAYES, 1999). Os impactos biológicos do Exxon Valdez foram severos. A região abrigava um grande número de espécies de mamíferos e aves marinhas, que foram drasticamente impactadas (Lance et. all., 2001). Além disso, as atividades humanas, principalmente a pesca foi por muito tempo interrompida (MIRAGLIA, 2002). Sol et. al. (2000) discutem os efeitos negativos da exposição ao óleo aos peixes na baía de Prince William após o *Exxon Valdez*.

A chegada de óleo na região estuarina da área em estudo pode ocorrer por dois locais: a barra de Cananéia na porção norte da área e a barra de Ararapira na porção sul. Estas duas barras são relativamente estreitas (1200 metros na barra de Cananéia e 870 metros na barra de Ararapira). Assim, a contenção de derramamentos de óleo pode ser feita na porção interior destas duas barras. No entanto, os aspectos hidrodinâmicos e de profundidade devem ser considerados, ou seja, nas barras propriamente ditas (no trecho de encontro das águas marinhas e estuarinas), as condições de ondulação são muito efetivas e a presença de bancos de areia diminuem a profundidade. Logo, na porção interior destas barras, assim que as condições hidrodinâmicas e de profundidade permitam, a contenção das manchas de óleo podem ser realizadas sem que muitos ambientes estuarinos sejam atingidos.

Para que a efetiva proteção ocorra, é preciso, entre outras coisas, que equipes e equipamentos de proteção estejam disponíveis em locais próximos da região. Atualmente esta situação não ocorre, sendo que a região de Cananéia não possui qualquer infra-estrutura em termos de ação em vazamentos de petróleo e derivados.

Para exemplificar a importância em termos econômicos da proteção da região, alguns dados econômicos serão apresentados.

Os custos para instalação e manutenção de um Centro de Emergência Ambiental (CEA) a vazamentos de óleo, que consiste numa instalação com equipamentos de resposta a acidentes com barreiras de contenção, equipamentos de sucção, embarcações etc, e recursos humanos treinados para operação e

manutenção, no período de um ano, é de aproximadamente R\$ 6,2 milhões (dados disponíveis em cidadesdaobrasil.com.br, acesso em 22/02/2006). O custo para manutenção de um CDA pelos próximos 50 anos seria de R\$ 122,5 milhões.

Os custos estimados do acidente ocorrido com o Exxon Valdez são de:

US\$ 2,2 bilhões com limpeza dos ambientes.

US\$ 700 milhões com levantamentos periciais.

US\$ 300 milhões com indenizações particulares.

US\$ 1 bilhão com condenações criminais e civis nas ações promovidas pelas autoridades federais e estaduais.

US\$ 5,3 bilhões ainda estão sendo pleiteadas em indenizações.

A Exxon paga US\$ 100 mil ao mês para o governo do Alasca, com indenização por perdas comerciais.

Com os dados expostos, fica claro que a instalação e manutenção de um CEA na região é uma atitude de prevenção de riscos ambientais e econômicos altamente rentável. Uma equipe de prevenção a acidentes treinada seria capaz de conter um vazamento de óleo nas barras de Cananéia e Ararapira, prevenindo impactos ambientais e econômicos sem precedentes na história do Brasil.

10- CONCLUSÃO

Conclui-se com a avaliação da sensibilidade do Parque Estadual da Ilha do Cardoso e áreas de entorno, nos seus diferentes aspectos, que a região é altamente sensível a derramamentos de óleo, principalmente o setor estuarino. O Atlas de Sensibilidade produzido neste estudo poderá servir de ferramenta essencial para ações de combate a vazamentos de óleo, assim como para a elaboração de planos de contingência. Além disso, as informações organizadas em SIG permitirão avaliação e planejamento de ações de proteção na região, assim como avaliação de impactos ambientais.

O mapeamento detalhado realizado permitiu a subclassificação dos litorais rochosos em feições atualmente não consideradas e que foram julgadas importantes para a sensibilidade a derramamentos de óleo. As praias foram subdivididas em setores de maior para menor sensibilidade de acordo com a identificação de áreas de erosão, transporte e deposição de sedimentos.

Foi sugerida a integração do índice de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo de feições litorâneas, estuarinas e fluviais encontradas na região, dado que a metodologia atual não considera as feições estuarinas, com exceção dos manguezais, e nenhuma feição fluvial.

Em função dos critérios da sensibilidade dos ambientes, dos recursos biológicos e sócio-econômicos presentes, e ainda das condições de acesso para as atividades de contenção e remoção do óleo, foram sugeridas áreas prioritárias de proteção e áreas de sacrifício.

Dada a sensibilidade da região a derramamentos de óleo, e a ausência de infra-estrutura de combate a acidentes deste tipo, sugere-se a instalação de um Centro de Emergência Ambiental a derramamentos e a implantação de um Plano de Emergência na região.

11- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, no Brasil, as Cartas de Sensibilidade Ambiental a derramamentos de Óleo são elaboradas segundo a metodologia proposta pelo ministério do Meio Ambiente (Normas Técnicas Para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo). Esse documento, que visa a padronização da elaboração destas cartas, tem fundamental importância para a uniformização na elaboração das cartas, o que não é muito comum no Brasil.

No entanto, alguns aspectos dessas normas são considerados insuficientes para a avaliação detalhada da sensibilidade dos ambientes litorâneos, tendo sido aqui propostas modificações no sentido do aprimoramento desta avaliação em função das características dos ambientes da área estudada. Não se pretende com isso, desqualificar a proposta de mapeamento atual, apenas sugerir melhoramentos no sentido do seu aprimoramento.

O mapeamento detalhado dos ambientes litorâneos possibilitou sua atualização cartográfica, além de permitir a avaliação de aspectos da sua sensibilidade a derramamentos de óleo que não poderiam ser considerados caso tivessem sido mapeados em escalas menos detalhadas. Neste aspecto, foi de suma importância a realização de trabalhos de campo em que se percorreu toda a área de estudo com equipes multidisciplinares para a avaliação detalhada de todos os aspectos relacionados ao mapeamento de sensibilidade aos derramamentos de óleo. A utilização de produtos de sensoriamento remoto de alta resolução foi fundamental para a elaboração Cartas SAO, isso porque as feições litorâneas só podem ser mapeadas em detalhe com produtos de sensoriamento remoto de alta resolução.

A sub-classificação dos ambientes de praia, e dos litortais rochosos, aqui proposta, visa o detalhamento das cartas, estando aberta a discussões.

A utilização da metodologia proposta para avaliação das correntes de deriva litorânea e setores de praias em diferentes processos sedimentares parece adequada para as cartas de sensibilidade. Embora um

tanto trabalhosa, permite a avaliação sazonal e espacial destes ambientes, tão sujeitos a mudanças em função dos padrões meteorológicos e oceanográficos.

A necessidade, da integração de uma avaliação dos ambientes oceânicos, estuarinos, fluviais e até continentais é evidente. Esta integração deve levar em conta as diferenças intrínsecas a cada ambiente e não apenas a padronização do índice de Sensibilidade Ambiental ou definição de critérios de representação visual.

Os levantamentos biológicos e de uso humano devem ser os mais detalhados possíveis, sem que haja excessos de informação. Algumas informações sugeridas pelo MMA para os recursos biológicos, como detalhamento dos períodos reprodutivos para todas as espécies, podem ser difíceis de se obter. Isso porque, as informações biológicas de tanto detalhe, no Brasil, são inexistentes, dada a enorme diversidade biológica presente e a escassez de pesquisadores disponíveis. Outras informações, como a classificação das espécies de acordo com sua sensibilidade a derramamentos de óleo, como comportamento alimentar, podem ser mais facilmente inferidos de informações já existentes e mais úteis para a avaliação da sensibilidade destas espécies.

A definição das áreas prioritárias de proteção e áreas de sacrifício deve ser considerada e pode ser bastante útil como uma avaliação global da sensibilidade das regiões. É importante destacar que a definição destas áreas deve ser realizada por critérios técnicos, principalmente aqueles avaliados nos trabalhos de campo. Ainda, cada região deve ser avaliada de acordo com suas peculiaridades, sendo que não há "receitas de bolo" para a definição destas áreas.

Por fim, destaca-se a importância da instalação de Centros de Emergência Ambiental a derramamentos de óleo em regiões de alta sensibilidade do país, não apenas em áreas próximas a atividades da indústria do petróleo. Estes centros podem garantir a redução de impactos com altos custos ambientais e econômicos.

12. BIBLIOGRAFIA

- ABDEL-KADERT, A. F.; NASR, S. M.; EL-GAMILY, H. I.; EL-RAEY, M. Environmental Sensitivity Analysis of Potential Oil Spill for Ras-Mohammed Coastal Zone, Egypt. **Journal of Coastal Research**. v. 12, n. 2, p. 502-510. 1998.
- ANGULO, R. J. Feições deposicionais associadas às desembocaduras dos complexos estuarinos da costa paraense. In: ANAIS DO V CONGRESSO DA ABEQUA. XI SIMPÓSIO DE SEDIMENTOLOGIA COSTEIRA. Niterói. 1995, p. 121-130.
- ARAÚJO, S.I.; SILVA, G.H; MUEHE, D. **Manual Básico para Elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo no Sistema Petrobras: Ambientes Costeiros e Estuarinos**. Rio de Janeiro: larte, 2002. 170 p.
- Arc GIS 9.0. ESRI.
- BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A; SICHEL, S. E. **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência. 2004. 98 p.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R., **Ecology: individuals, populations and communities**. 3. ed. London: Blackwell Science, 1996.1068p.
- BÉRGAMO, A. L. **Características da hidrografia, circulação e transporte de sal: Barra de Cananéia, Sul do Mar de Cananéia e Baía de Trapandé**. 2000. Dissertação.(Mestrado em oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- BESNARD, W. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape. **Boletim Instituto Paulista Oceanografia**. v.1, n.1, p. 9-26. 1950.

- BONETTI FILHO, J. **Transporte de sedimentos por suspensão nas proximidades da Barra de Cananéia – SP**. 1995. Dissertação. (Mestrado em oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 115p. 1995.
- BONETTI, J.; MIRANDA, L. B. Estimativa da descarga de água doce no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. **Revista Brasileira de Oceanografia**. v. 45, n. 1, p. 89-94. 1997.
- BONHAM – CARTER, G. F. **Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS**. Kidlington: Elsevier & Science. 1994.
- BRANCO, J. O. Reprodução das aves marinhas nas ilhas costeiras de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 20, n.4, p. 619-623. 2003.
- BURNS, K. A.; STEPHEN, D. G.; SALLY, C. L. How many years until mangrove ecosystems recover from catastrophic oil spills? **Marine pollution Bulletin**. v. 26. n. 5. p. 239-248. 1993.
- CALIXTO, R.J. **Poluição Marinha: Origens e Gestão**. Brasília: Ed. WD Ambiental. Série Ambiental. 2000. 238p.
- CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JR., E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**. v. 51, p. 63-78. 2003.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B., **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: UNICAMP, 1996. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Acesso em: 15 mar. 2004.
- CARTER, R. W. G. **Coastal Environments, an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines**. London: Academic Press, 1988. p. 617.
- CETESB. **Determinação do declive, perfil e área entre-marés de praias de areia**. Procedimento Operacional Padronizado – *P.O.P. nº DAHC-MA-042*. São Paulo. 21p. 1998.
- CINTRÓN, G.; LUGO, A. E.; MARTINEZ, R. Características e desarrollo estructural de los manglares de norte e sur America. **Ciencia Interamericana**. v. 25, n. 1. p. 4-15. 1985.

- CNIO. **O Oceano Nosso Futuro**. Relatório da Comissão Mundial Independente Sobre os Oceanos. Rio de Janeiro: Ed. Fundação Mário Soares, 1999. 241 p.
- COELHO JR., C. **Manguezal, desenvolvimento estrutural da cobertura vegetal ao longo de gradientes de inundação – Cananéia, Estado de São Paulo, Brasil**. Dissertação (Mestrado em oceanografia) – Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 108p. 1998.
- COELHO JR., C. **Ecologia de Manguezais**. Tese (Doutorado em oceanografia) – Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 123 p. 2003.
- CONNELL, J. H. Community interactions on marine rocky intertidal shores, **Ann. Rev. Ecol. Syst.** v. 31. p. 169-192. 1972.
- CRISPINO, R. L. **Situação dos recursos pesqueiros e suas atividades desenvolvidas na região estuarina-lagunar Iguape – Cananéia - Paranaguá e Parque Estadual da ilha do Cardoso**. Plano de gestão ambiental do projeto de preservação da Mata Atlântica. (PPMA/SMA/KfW) 9p. 1997.
- PETROBRAS. **Adaptação do Índice de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo da *National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA* às Feições Fluviais Amazônicas**. Documento interno CTBio. 23p. , 2002.
- CUNHA-LIGNON, M. **Dinâmica do Manguezal no Sistema de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo – Brasil**. Dissertação. (Mestrado em oceanografia) – Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 2001. 105p.
- DALMORA, R. **Foraminíferos de manguezais do extremo sul paulista (W Ilha do Cardoso)**. Monografia. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2005. 70 p.

- DEVIDS, C. C. **Avaliação dos métodos de limpeza usados em ambientes costeiros atingidos por óleo.** Monografia. (Trabalho de conclusão de curso) – Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2005. 195p.
- DIAS-BRITO, D.; ZANINETTI, L. Étude géobotanique comparative de trois mangroves du littoral brésilien: Acupe (Bahia), Guaratiba (RJ) et Iguape (SAO Paulo). **Notes du Laboratoire de Paleontologia de L'Université de Genève.** f. 4. n. 6. p. 57-65. 1979.
- DINIZ-FILHO, A. M. **Composição e variação espaço-temporal da fauna íctica do Canal de Ararapira.** Dissertação. (Mestrado em oceanografia) – Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. São Paulo. 93p. 1997.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Jour. Sed. Petrol.** v. 7. p. 3 - 26. 1957.
- FONZAR, B.C. A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente (localização e trajetórias). **Cadernos de Geociências.** Rio de Janeiro, v. 11 p. 11-33. 1994.
- GUNDLACH, E. R. & HAYES, M. O., Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. **Marine Technology Society Journal.** v. 12, p. 18-27. 1978.
- GUZA, R. T.; INMAN, D. L. Edge waves and beach cusps. **Journal of Geophysics Reserch.** V. 80, p. 2997-3012. 1975.
- HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica.** Itajaí: Ed. UNIVALI. 1997. 83p.
- IPIECA. **Desarrollo de mapas de sensibilidad para la resposta a derrames de hidrocarburos.** Série de informes de IPIECA. v. 1. 1996. Disponível em: <<http://www.ipieca.org/>>. Acesso em: 8 mai. 2004.

- IPIECA. *Guía para la planificación de contingências ante derrames de hidrocarburos em água*. Série de informes de IPIECA. v 2. 2000. Disponível em: <<http://www.ipieca.org/>>. Acesso em: 8 mai. 2004. 28p.
- JACOBI, C. M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Oil spill in mangroves: a conceptual model based on long-term field observation. **Ecological Modelling**. v. 52, p. 53-59. 1990.
- JENSEN, J. R.; HALLS, N. J.; MICHEL, J. A system approach to environmental sensitivity index (ESI) mapping for oil spill contingency planning and response. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 64, n. 10, p. 1003-1014. 1998.
- KARMANN, I.; NETO, C.M.D.; WEBER, W. Caracterização litológica e estrutural das rochas metassedimentares do Conjunto Insular Cardoso, sul do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 29. n. 2. p. 157-162. 1999.
- KATO, K. Geochemical studies on the mangrove region of Cananéia, Brazil. I – Tidal variations of water properties. **Boletim Instituto Oceanográfico**. São Paulo. v. 15 n. 1 p. 55-75. 1966.
- KETKAR, K. W. The oil pollution act of 1990: a decade Later. **Spill Science & Technology Bulletin**. v. 7, n. 1-2, p. 45-52. 2002.
- KING, C. A. M. *Beaches and coasts*. London: Edward Arnold. 1972. 570p.
- KOMAR, P. D. **Handbook of Coastal Processes and Erosion**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press. 297 p. 1991.
- LANCE, B. K.; IRONS, D. B.; KENDALL, S. J.; MCDONALD, L. L. An evaluation of marine bird population trends following the *Exxon Valdez* oil spill, Prince William Sound, Alaska. **Marine Pollution Bulletin**. v. 42, n. 4, p. 298-309. 2001.
- LEWIS, J. R. Water movements and their role in rocky shore ecology. **Sarsia**, v. 34. p. 3-36. 1968.
- LORENZZETI, J. A. **Aplicação da técnica de análise espectral cruzada ao estudo da correlação entre as oscilações do nível do mar observadas em Cananéia e bom Abrigo**. 1976. Dissertação

- (Mestrado em oceanografia) – Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. São Paulo. 188 p. 1976.
- MACIEL, D. **Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna do complexo estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia – São Paulo - Brasil.** 2001. Tese. (Doutorado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. São Paulo. 168 p. 2001.
- MELO, M. M. R. F.; BARROS, F.; WANDERLEY, M. G. L.; KIRIZAWA, M.; JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; CHIEA, S. A. C. **Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso.** São Paulo: Ed. Hucitec. 1991. 184p.
- MENDONÇA, A. L. F. **A Ilha do Cardoso: o parque estadual e os moradores.** Dissertação. (Mestrado em ecologia e recursos naturais). Escola Superior de Agricultura. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2000. 163p.
- MENDONÇA, J. T. **A pesca da região de Cananéia – SP, nos anos de 1995 e 1996.** Dissertação. (Mestrado em oceanografia) – Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998. 156p.
- MENDONÇA, J. T.; KATSURAGAWA, M. Caracterização da pesca artesanal no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo, Brasil (1995-1996). **Acta Scientiarum.** v. 23. n. 2. p. 535-547. 2001.
- MENEZES, G. V. **Produção e decomposição de bosques de mangue da Ilha do Cardoso, SP.** Dissertação. (Mestrado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1994. 116p.
- MESQUITA, A. L.; HARARI, J. Tides and gauges of Cananéia and Ubatuba – Brasil (Lat24°). **Relatório Interno do Instituto Oceanográfico.** Universidade de São Paulo. São Paulo, v.11. p. 1-14. 1983.
- MICHEL, J.; HAYES, M. O.. Weathering Patterns of oil residues eight years after the Exxon Valdez oil spill. **Marine Pollution Bulletin.** v. 38. n. 10. p. 855- 863. 1999.

- MICHEL, J.; HAYES, M. O., BROWN, P. L., Application of an oil spill vulnerability index to the shoreline of Lower Cook Inlet, Alaska. **Environment Geology**. v. 2, p. 107-117. 1978.
- MILANELO, M. **Caracterização da ocupação humana e suas atividades; documento síntese**. Planos de Gestão Ambiental do Projeto de Preservação da Mata Atlântica (PPMA; SMA/KfW). (Relatório de consultoria relativo ao processo do Plano de Gestão Ambiental fase 1 do Parque Estadual da Ilha do Cardoso). São Paulo. 1997.
- MILANELLI, J. C. C. **Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião – São Paulo**. 2003. Tese. (Doutorado em oceanografia) - Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003. 293p.
- MIRAGLIA, R. A. The cultural and behavioral impact of the *Exxon Valdez* oil spill on the native peoples of Prince William Sound, Alasca. **Spill Science & Technology Bulletin**. v. 7, n. 1-2, p. 75-87, 2002.
- MIRANDA, L.B. DE; MESQUITA, A. R.; FRANÇA, C. A. S. Estudo da circulação e dos processos de mistura no extremo sul do Mar de Cananéia: condições de dezembro de 1991. **Bol. Inst. Oceanográfico**. São Paulo. v. 43, n. 2, p. 153-164, 1995.
- MISHIMA, M.; YAMANAKA, N.; PEREIRA, O. M.; SOARES, F. C.; AKABOSHI, S.; JACOBSEN, O. Hidrografia do Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia São Paulo, Brasil. Salinidade e Temperatura (1973 a 1980). **Boletim Instituto de Pesca**. v. 12, n. 3, p. 109-121, 1985.
- MIYAO, S. Y.; HARARI, J. Estudo preliminar da maré e das correntes de maré na região estuarina de Cananéia. **Bol. Inst. Oceanográfico**. São Paulo. v. 37, n. 2, p. 107-123, 1989.
- MIYAO, S.Y. **Contribuição ao estudo da Oceanografia Física da região de Cananéia (lat. 25° S; 48° W)**. 1977. Dissertação. (Mestrado em oceanografia) – Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1977. 87p.
- MIYAO, S.Y.; NISHIHARA, L.; SARTI, C. C. **Características Físicas e Químicas do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape**. **Bol. Inst. Oceanográfico**. São Paulo. v. 34, p. 23-36, 1986.

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2004. **Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para derramamentos de óleo**. DF: 22p. + anexos.
- MOE, K. A.; SKEIE, G. M.; BRUDE, O. W.; LØVAS, S. M.; NEDREBØ, M.; WESLAWSKI, J. M. The Svalbard intertidal zone: a concept for the use fo GIS in applied oil sensitivity, vulnerability and impact analyses. **Spill Science & Technology Bulletin**. v. 6, n. 2, p. 187-206, 2000.
- NANSINGH, P.; JURAWAM, S., Environmental sensitivity of a tropical coastline (Trinidad, West Indies) to oil spills. **Spill Science & Technology Bulletin**. v. 5, n. 2, p. 161-172, 1999.
- NATIONAL OCEANIC and ATMOSFERIC ADMINISTRATION. **Environmental Sensitivity Index Guidelines, Version 3.0**. NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 115. Seattle: Hazardous Materials Response and Assessment Division. 2002.79 pp.+ appendices.
- NATIONAL OCEANIC and ATMOSFERIC ADMINISTRATION. **An Introduction to coastal habitats and biological resources for oil spill response**. NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 115. Seattle: Hazardous Materials Response and Assessment Division. 2002.
- NOFFS, M. S.; BATISTA-NOFFS, L. J. **Mapa da vegetação do Parque Estadual da Ilha do Cardoso – evolução da vegetação secundária**. In: Anais do Congresso Nacional sobre Essências nativas. 1982. Campos do Jordão: Ed. IF – Instituto Florestal, Silvicultura em SãoPaulo. v. 16, parte 1, p. 613-619. 1982.
- ODUM, E. O. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara. 1998.
- OLIVEIRA, T. A. **Compartimentação fisiográfica aplicada à avaliação de terrenos – subsídios ao planejamento territorial do município de Cananéia – SP**. Dissertação. (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2004. 97p.
- OLIVEIRA-FILHO, E. C., MAYAL, E. M. Seasonal distribution of intertidal organisms at Ubatuba, São Paulo (Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**. v. 62, p. 47-56, 1976.

- OWENS, E. H.; ROBILLIARD, G. A. Shoreline sensitivity and oil spills – a re-evaluation for the 1980`s. **Marine Pollution Bulletin**. v. 12, n. 3, p. 75-78, 1981.
- POFFO, I. R. F. **Vazamentos de Óleo no Litoral Norte do Estado de São Paulo: Análise Histórica (1974 a 1999)**. 2000. Tese. (Mestrado em Ciências Ambientais) - PROCAM. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000.
- RODRIGUES, F. O.; LAMPARELLI, C. C.; MOURA, D. O. **Environmental impact in mangrove ecosystems: São Paulo, Brasil**. 175-198p. In: YAÑES-ARANCIBA, A.; LARA-DOMINGUEZ, A.L. *Ecosistemas de Manglar em América tropical*. Instituto de Ecología, A. C. México. UICN/ORMA, Costa Rica: NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380p. 1999.
- ROLLO JUNIOR, M. M. **Distribuição espaço-temporal do boto *Sotalia guianensis* Van Bénéden 1864 (Cetácea, Delphinidae) na região de Cananéia, sul do Estado de São Paulo**. Tese. (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.
- SAENGER, P.; HEGERL, E. J.; DAVIE, J. D. S. **Global status of mangrove ecosystems**. In: Commission on Ecology papers n. 3. Gland: IUCN. Switzerland. The Environmentalist 3. Suppl. n. 3. 1983.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Dinâmica atmosférica e o carácter transicional do clima na zona costeira paulista. **Rev. Depto. Geogr.** São Paulo. v. 8, p. 34-49, 1994.
- SANTOS, M. C. O. **Novas informações sobre cetáceos no litoral sul de São Paulo e norte do Paraná com base em estudos sobre encalhes e na aplicação da técnica de foto-identificação individual de *Sotalia fluviatilis* (Cetácea, Dephinidae)**. Tese. (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1999.
- SAUL, A. C. **Comunidade Ictiofaunística da Ilha do Bom Abrigo, Cananéia, São Paulo, Brasil**. Dissertação. (Mestrado em Biociências) – Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1994. 100p.

- SCATAMACCHIA, M. C. M.; DEMARTINI, C. M. C.; CALIPPO, F. R. **Guia arqueológico do baixo Vale do Ribeira**. Iguape: Memorial do mar. 2003. 50p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal Ecossistema entre a terra e o mar**. Caribbean Ecological Research. 1995. 63p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; ADAIME, R. R. CAMARGO, T.M. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, v. 13, n. 2, p. 204-219, 1990.
- SICK, H. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira. 2001. 912p.
- SILVA, J. F. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). **Bolm. Climatol. Inst. Oceanogra**. São Paulo, v. 6, n. 1-21, 1989.
- SILVA, P. R. **Transporte Marítimo de Petróleo E Derivados Na Costa Brasileira: estrutura e Implicações Ambientais**. 2004. Tese. (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2004. 148p.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. *Macrozoneamento do complexo estuarino-lagunar de Iguape e Cananéia, plano de gerenciamento costeiro*. São Paulo. 1990. 41p. (série documentos).
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo/CINIP/IF. **Plano de Manejo Fase 2 do Parque Estadual da Ilha do Cardoso**. São Paulo. 2001.120 pp + anexos.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Ortofotos Digitais**. Projeto de Preservação da Mata Atlântica. 2000.
- SOARES, C. R.; BORZONE, C. A.; SOUZA, J. R. B. Variações morfológicas e sedimentológicas ao longo de um ciclo anual numa praia arenosa no sul do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**. v. 3, n. 245-258, 1997.

- SOL, S. Y.; JOHNSON, L. L.; HORNESS, B. H.; COLLIER, T. K. Relationship between oil exposure and reproductive parameters in fish collected following the *Exxon Valdez* oil spill. **Marine Pollution Bulletin**. v. 40, n. 12, p. 1139-1147, 2000.
- SOUZA, C. R. G. **As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo**. 1997.Tese. (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1997.184p.
- SOUZA, C. R. G. **Quaternário do Brasil**. São Paulo: Ed. Holos. 2005. 382p.
- STEPHENSON, T. A.; STEPHENSON, A. The universal features of zonation between tide-marks on rocky coasts. **Journal Ecology**. v. 37, p. 289-305, 1949.
- SUGUIO, K.; TESSLER, M.G. **Depósitos quaternários da planície costeira de Iguape-Cananéia (SP)**. In: Roteiro das Excursões do 37º Congresso Brasileiro de Geologia. v. I, p. 31. 1992.
- SUGYAMA, M. Estudo das florestas da restinga da Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Botânica**. v. 11, p. 119-159, 1998.
- SUTHERLAND, J. P. Recruitment limitation in a tropical intertidal barnacle: *Tetraclita panamensis* (Pilsbry) on the Pacific coast of Costa Rica. **Journal Experimental Marine Biology Ecology**. v. 113, n. 267-283. 1987.
- TAGGART, B. E.; SCHWARTZ, M. L. Net shore-drift direction determination: a systematic approach. **Journal Shoreline Management**. v. 3, n. 4, p. 285 – 309, 1988.
- TEAS, H. J. DUERR, J. R.; WILCOX, A. Effects of south Louisiana crude oil and dispersants on *Rhizophora* mangroves. **Marine pollution bulletin**. v. 18, p. 122-124, 1987.
- TESSLER, M. G. **Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista**. 1988.Tese. (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1988.

- TESSLER, M. G.; SUGUIO, K.; MAHIQUES, M. M., FURTADO, V. V. Evolução temporal e espacial da desembocadura lagunar de Cananéia (SP). **Boletim do Instituto Oceanográfico**. v. 38, n. 1, p. 23-29, 1990.
- THURMAN, H. V.; TRUJILLO, A. P. **Essentials of Oceanography**. New Jersey: Ed Prentice Hall. 2002. 523p.
- TORTELL, P. Coastal zone sensitivity mapping and its role in marine environmental management. **Marine Pollution Bulletin**. v. 25, p. 88-93, 1992.
- TSOUK, E.; AMIR, S. GOLDSMITH, V. Vulnerability of Israeli Beaches to oil pollution: the ranking of their self-cleansing capacity. **Journal Shoreline Management**. v. 2, p. 223-240, 1986.
- UCHÔA, D. P.; GARCIA, C. D. R. Cadastramento dos sítios arqueológicos da Baixada Cananéia-Iguape, litoral sul do estado de São Paulo. **Revista de arqueologia**. v.1, n.1, 1983.
- UNDERWOOD, A. J. Experimental ecology of rocky intertidal habitats: what are we learning? **Journal Experimental Marine Biological Ecology**. v. 250, p. 51-76, 2000.
- VILLELA. Caracterização genética de populações de jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), utilizando marcadores microssatélites. Dissertação. (Mestrado em ecologia e recursos naturais). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura. Piracicaba. 2004.
- WENTWORTH, W. C. Grade and class terms for clastic sediments. **Journal Geology**. v. 30, p. 377-392, 1922.