

MAPEAMENTO DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO E AÇÕES DE RESPOSTA PARA A REGIÃO COSTEIRA E ÁREA PORTUÁRIA DE IMBITUBA, SC, BRASIL

BELLOTTO, V.R.¹ & SAROLLI, V.M.M.²

Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar
Caixa Postal 360, CEP 88302-202, Itajaí, Sc, Brasil.

¹bellotto@univali.br (autor para correspondência)

²vania@muffatao.com.br

ABSTRACT

Bellotto, V.R. & Sarolli, V.M.M. 2008. Environmental sensitivity mapping to oil spill and response actions for shoreline and portuary zone of Imbituba, SC, Brazil. Braz. J. Aquat. Sci. Technol. 12(2):115-125. ISSN 1808-7035. Environmental Sensitivity Index maps (ESI) have been produced for the shoreline of Imbituba, located in the southern coast of Santa Catarina State, Brazil, in the scales of 1:50,000 and 1:10,000. Adequate cleanup procedures were selected and indicated for each coastal segment identified, in accordance to expected oil behavior in each one. The study area comprises an important environmental protection area for right whales (*Eubalaena glacialis*) reproduction. The ESI maps include information for three main components: sensitive biological resources, human-uses resources and shoreline habitats. Data of biological resources and some human-use information were obtained from an integrated project named Environmental Sensitivity Index Maps of Santos Sedimentary Marine Basin. Shoreline habitats data were obtained in field survey. Methodology applied was that proposed by the Brazilian Environment Ministry (MMA), adapted from the National Oceanic and Atmosphere Administration (NOAA), with the aid of remote sensing and geographical information system (SIG). Twenty segments were identified in the study area, comprising 15 km of shoreline. Only 6 different ESI were identified, with the most representative in extension being the ESI 3 (dissipative exposed beaches).

Key words: Oil spill, ESI map, Cleanup procedures, Environmental protection area, Port zone

INTRODUÇÃO

A poluição por hidrocarbonetos de petróleo nos oceanos acontece de várias formas, podendo ser acidental, como derramamento, ou intencional, como o descarte da água de lastro. Mesmo não sendo a maior fonte de entrada de óleo no mar, os derramamentos são os que mais chamam atenção da mídia e da população (Fingas, 2001). Isto se deve ao fato dos derramamentos representarem, em geral, descartes pontuais de um grande volume de óleo, causando danos visíveis ao ambiente, incluindo os organismos, as praias e o próprio Homem (Bishop, 1983). O aumento do consumo e da dependência de produtos derivados do petróleo têm resultado no aumento considerável do número de acidentes (Fingas, 2001).

O acidente ocorrido em 1989, na costa do Alaska, que resultou no vazamento de 42 milhões de litros de óleo cru do petroleiro Exxon Valdez, e cujos impactos ecológicos se estenderam por mais de 14 anos (Peterson *et al.*, 2003) conduziram a uma mudança de paradigma. Anteriormente, assumia-se que os impactos de um derramamento de óleo nas populações naturais decorriam quase exclusivamente da mortalidade imediata, repentina, logo após o derramamento.

Entretanto, após anos de monitoramento e estudos, conduzidos com espécies de diferentes habitats e níveis tróficos, na região atingida pelo derramamento do Exxon Valdez, verificou-se que uma persistência do óleo acima da esperada em sub-superfície. Isto resultou em exposições crônicas, que continuaram afetando a vida selvagem por mais de uma década, com efeitos subletais de longo prazo, tanto diretos como indiretos, retardando consideravelmente a recuperação do ambiente (Peterson *et al.*, 2003).

Na fase aguda de mortalidade, que ocorre geralmente nos primeiros dias subseqüentes ao derramamento, pode haver um grande impacto sobre as populações de aves marinhas e alguns mamíferos, caso o derramamento ocorra em áreas e períodos de reprodução destes organismos, quando eles estão reunidos em grupos numerosos. Isto porque estes animais necessitam de um contato rotineiro com a superfície do mar, ficando sujeitos a um elevado risco devido à camada de óleo flutuante (Clark, 2001).

Após alguns dias, se não for recolhido, o óleo tende a afundar, depositando-se no infralitoral e/ou na zona intermareal, onde pode permanecer por longos períodos de tempo, gerando a exposições crônicas nas espécies associadas ao sedimento (Clark, 2001; Peterson *et al.*, 2003).

Na zona entre marés, muitas vezes, é possível a intervenção humana na remoção do óleo; enquanto, na zona infralitoral o óleo só será removido pela decomposição natural, mediada por microrganismos decompositores, especialmente bactérias.

Os diferentes tipos de ambientes também reagem ao óleo de forma diversa. Costões rochosos, sujeitos à alta hidrodinâmica, têm uma capacidade de limpeza e remoção naturais maiores que manguezais (Bishop, 1983).

Os acidentes com derramamentos de óleo podem e devem ser atendidos o mais rápido possível para minimizar seus impactos negativos no ambiente e para o ser humano. O tempo é crucial nesses casos, pois o óleo pode atingir áreas altamente sensíveis devido ao movimento das marés; portanto, todo o esforço feito de maneira rápida e correta será de extrema importância (Bishop, 1983; Connel e Hawker, 1992). Por este motivo, há necessidade da existência de planos de contingência para todas as áreas costeiras, principalmente para aquelas de maior risco, como áreas portuárias e próximas às instalações da indústria de petróleo.

Os planos de contingência envolvem uma série de etapas, que possibilitam às equipes organizarem-se, tornando as decisões e as ações de reposta mais eficientes. A primeira fase envolve a elaboração de um mapa de sensibilidade da área, que inclui, entre outras, informações sobre as características do litoral, índice de vulnerabilidade e atividades socioeconômicas, como turismo e pesca (Fingas, 2001). A segunda etapa envolve mobilização de recursos para contenção, evitando que o óleo chegue a áreas mais sensíveis. A terceira etapa é a de limpeza e remoção do óleo do ambiente. Todo o processo é feito individualmente para cada tipo de ambiente. Os mapas de sensibilidade também são úteis para avaliação de impactos ambientais num plano de gerenciamento costeiro (Fingas, 2001).

O município de Imbituba localiza-se nos limites da Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca, onde está instalado um importante porto do sul do Brasil. Devido ao elevado tráfego de navios, a probabilidade de acidentes na área é grande. Entre as áreas costeiras sob maior risco de contaminação por óleo estão as zonas portuárias e suas adjacências. Por isso, faz-se necessário a existência de um mapa de sensibilidade local, para que em caso de derramamento de óleo, o mapa possa ser usado em um plano de contingência, possibilitando uma ação mais rápida e segura, garantindo uma maior preservação dos recursos ali existentes.

O presente trabalho tem como objetivo principal, a elaboração de um mapa de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo, em escala operacional, abrangendo a linha de costa do município de Imbituba, no estado de Santa Catarina e um mapa de detalhe

para a área de influência do Porto de Imbituba. Além disso, foram analisados, selecionados e indicados os procedimentos de contenção e limpeza mais adequados para cada segmento da área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A cidade de Imbituba está localizada na região Sul do Estado de Santa Catarina, nas coordenadas 28°13'17" S e 48°38'21" W. Sua área é de 184,787 km², tem aproximadamente 35.695 habitantes e um crescimento anual médio de 2,08%. Parte do município está incluída na área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (Fig. 1) e nele há um importante porto instalado.

O Porto de Imbituba está localizado numa enseada aberta, junto à Ponta de Imbituba. Sua bacia de evolução tem 315m de largura média, e 10,5m de profundidade média e 2.300.000m² de área total. A profundidade no cais varia entre 7,5m e 9m, e seu comprimento é de 577m (Porto de Imbituba, 2006).

A Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca foi criada em 14 de setembro de 2000, através de Decreto Federal, abrangendo 156.100 hectares da costa centro-sul de Santa Catarina, sob responsabilidade do IBAMA. Além de proteger as enseadas de maior concentração de baleias francas com filhotes, a APA protege importantes áreas terrestres com costões rochosos, dunas, banhados e lagoas (Projeto Baleia Franca, 2006).

Elaboração do mapa de sensibilidade ambiental

Todo o trabalho foi realizado de acordo com a metodologia proposta pelo Ministério do Meio Ambiente nas Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas SAO (SQA/MMA, 2002). Os dados relativos aos recursos biológicos, bem como parte das informações sobre as atividades sócio-econômicas são oriundos do Projeto Cartas SAO da Bacia de Santos (CNPq-CTPetro, processo n° 403756/04-9, 2005).

Os Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL) foram determinados com base em trabalho de campo, realizado entre os dias 05 e 07 de julho de 2006, com o intuito de complementar os dados já obtidos previamente, por meio da etapa de levantamento de dados pretéritos.

A carta de articulação da área de estudo, gerada pelo laboratório de Geoprocessamento da UNIVALI, e utilizada para fazer a segmentação da linha de costa, foi elaborada a partir de imagem de satélite georeferenciada em formato GEOTIFF, LANDSAT 7/ EMT+, órbita 220, ponto 80, na composição das bandas 4,5,3, fusão da banda pancromática (PAN) e carta topográficas do IBGE com escala 1:50.000, projeção

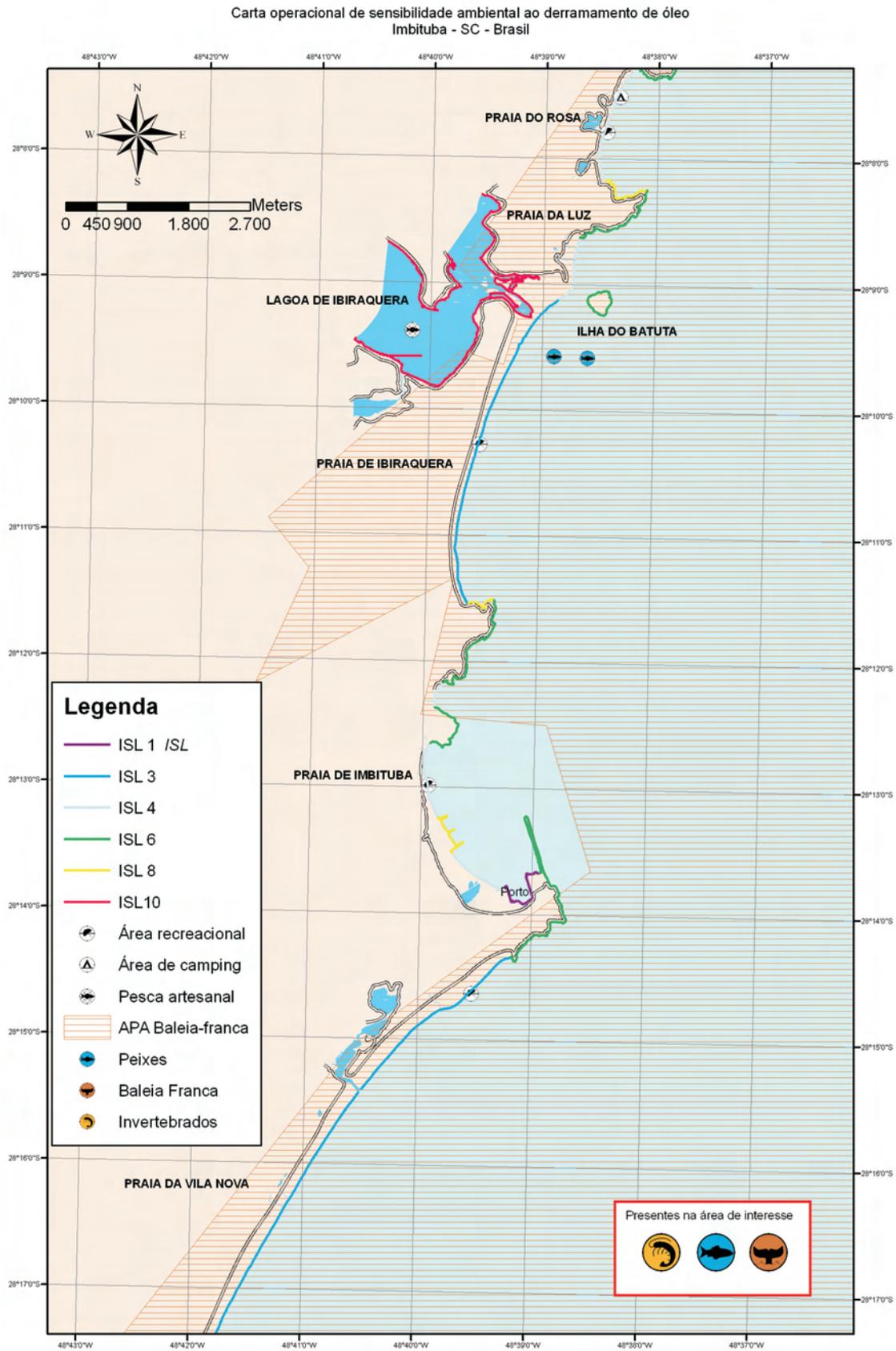


Figura 1 - Carta Operacional de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo de Imlbituba, em escala de 1:50.000.

UTM e Datum SAD 69. A imagem de satélite foi disponibilizada pelo INPE para o projeto CARTA SAO da Bacia Marítima de Santos, para a o estado de Santa Catarina.

A linha de costa foi dividida em 20 segmentos, sendo que os ambientes com características físicas uniformes foram considerados como um único segmento, e assim que qualquer mudança era observada, esta marcava o fim de um e início de outro segmento. Vinte e oito pontos foram visitados ao longo destes 20 segmentos para observação, coleta e atualização de dados e obtenção de fotografias para o registro das características e das condições dos diferentes segmentos. Conforme a sua extensão, alguns segmentos foram visitados em apenas um ponto e outros em dois ou mais pontos. Cada ponto de observação e coleta de dados foi registrado em GPS marca *Garmin*, modelo *etrex® Legend®*.

A declividade da face de praia foi medida utilizando-se um clinômetro de nível CST modelo 17640. O dado foi obtido na porção média da zona de espraiamento. Somente segmentos considerados como praias arenosas tiveram sua declividade medida, uma vez que não ocorreram segmentos notáveis de costões lisos, para os quais também seria necessário determinar a declividade.

Uma trena de comprimento máximo 50m foi usada para medir a distância entre a base da linha de água e o início da duna frontal.

A largura da zona de arrebentação e a altura de onda foram estimadas visualmente comparando-se medidas de três diferentes observadores. Os segmentos que não foram visitados em campo por questões de acessibilidade tiveram suas medidas estimadas através das imagens. O tamanho médio de grão dos sedimentos foi obtido comparando-se uma amostra no local com a escala sedimentar elaborada pelo Centro de Estudos Costeiros (CECO), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Os acessos a cada local foram obtidos em campo por observação e registro das rotas em GPS, sendo determinada, também, a trafegabilidade no local.

Cada segmento foi fotografado, procurando-se evidenciar suas características, tais como zona de arrebentação, face praial, processos erosivos, características socioeconômicas, estado de conservação e ocorrência de rejeitos líquidos ou sólidos de qualquer natureza. Para este fim, foi utilizada uma câmera digital Sony Cyber Shot DSC-P72 3.2 Megapixels. No presente trabalho, apenas algumas imagens fotográficas representativas dos diferentes tipos ambientes são apresentadas. As demais fotografias se encontram num banco de dados, juntamente com todos os dados levantados.

O ISL foi determinado com base na planilha preenchida com os dados pretéritos e complementada por dados levantados no campo, seguindo-se as Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas SAO (SQA/MMA, 2002).

Com o banco de dados pronto e o ISL determinado para cada segmento, foram geradas duas cartas de diferentes escalas. A carta de escala 1:50.000 refere-se a toda a linha de costa do município de Imbituba, e a carta 1:10.000, mais detalhada, refere-se apenas a área do Porto de Imbituba, considerada a área mais suscetível a acidentes com derramamento de óleo. A ferramenta computacional utilizada para processar e analisar os dados, bem como para gerar as cartas foi o software ArcMap 9.0. A base cartográfica utilizada para obtenção da linha de costa foi disponibilizada pela Secretaria do Patrimônio da União (SPU) em arquivos digitais, em escala de 1:2.000.

Equipamentos e procedimentos de resposta para os diferentes segmentos costeiros.

Um levantamento de equipamentos e métodos de contenção e limpeza usados em derramamentos de óleo foi feito com base na literatura especializada (Bishop, 1983; Fingas, 2001; NOAA, 2000; API, NOAA, USCG & USEPA, 2001). Cada equipamento ou método foi analisado, podendo ser indicado, não recomendado ou não aplicável para determinados tipos de ambiente. A partir daí, os procedimentos de contenção, recolhimento de óleo e limpeza foram determinados para cada segmento, considerando as características de cada local.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapeamento da sensibilidade ambiental e medidas de resposta a derramamentos

Foram identificados 20 segmentos, totalizando uma extensão de 15,27km de litoral, excluindo a Lagoa de Ibiraquera e as Ilhas Santana de Dentro e Santana de Fora. Dos dez índices existentes, somente seis deles foram encontrados, sendo eles: ISL 1, ISL 3, ISL 4, ISL 6, ISL 8, e ISL 10.

A tabela 1 apresenta cada ISL, sua respectiva extensão total, e porcentagem do total. O ISL mais freqüente foi o de número 3, totalizando 7,4km (48,48%). O menos freqüente foi o de número 1 (0,5km, 3,4%), representado pelo Porto de Imbituba. Segmentos que se enquadravam em mais de uma classificação de ISL foram classificados de acordo com o tipo predominante de ambiente.

O mapa de sensibilidade em escala operacional (1:50.000) para a área de estudo e o mapa de sensibilidade detalhado para a área portuária (1:10.000)

Tabela 1 - Extensão e porcentagem dos diferentes ISL no litoral de Imbituba, Santa Catarina.

ISL	Extensão total (km)	% do total
1	0,5	3,4
3	7,4	48,48
4	2,08	13,58
6	4,23	27,6
8	1,06	6,94

são mostrados nas figuras 1 e 2, respectivamente. A seguir são descritas as características principais de cada ISL classificado, exemplificado por um quadro da área de estudo e as ações de resposta recomendadas em casos de derramamento de óleo.

ISL 1 – Substratos impermeáveis de declividade alta a média, expostos.

O único segmento que se enquadrou neste ISL foi o do Porto de Imbituba (Fig. 3), por se tratar de uma estrutura artificial lisa. Suas principais características são: exposição à maré, tendência refletiva, substrato impermeável sem rugosidades, com declividade superior a 30°. Não há penetração do óleo, a remoção ocorre rapidamente de forma natural. Porém, pode-se promover a limpeza com jatos de água de baixa ou alta pressão à temperatura ambiente.

Nesta área, a preocupação maior seria conter um eventual vazamento de óleo das embarcações, para que não houvesse espalhamento do óleo para as áreas mais sensíveis, existentes dentro da enseada de Imbituba e fora dela.

Em geral, a recomendação para áreas portuárias, principalmente para aquelas situadas próximas de locais de maior sensibilidade ecológica, áreas de proteção ambiental, ou de importância para atividades turísticas ou de pesca, é que haja uma proteção permanente por barreiras de contenção na área de atracação dos navios. As barreiras devem ser dispostas de forma a circundar os navios atracados (API, NOAA, USCG & USEPA, 2001). Não havendo esta rotina na operação do porto, outras medidas devem ser tomadas em caso de vazamento de óleo de navios atracados, para prevenir o espalhamento do óleo e evitar que ele atinja as praias ou outros segmentos mais sensíveis.

A configuração do porto e a existência de um molhe extenso e quase paralelo à linha de costa facilitam a disposição de barreiras de contenção em diversas configurações (opções A, B e C), que são ilustradas na figura 4. Este procedimento é recomendado e possível, também, devido à baixa hidrodinâmica do local, que é abrigado da exposição à energia de ondas. A escolha da opção mais adequada depende de dois

fatores: a localização da embarcação no momento do derramamento e a área atingida pelo óleo. A disposição mais adequada das barreiras, no caso de um vazamento proveniente de navio atracado no porto, é a opção A. Esta configuração evitaria que o óleo atingisse alguns segmentos mais sensíveis dentro da enseada, como o molhe (figura 8 – ISL 6) e os espigões existentes na praia de Imbituba (figura 10 – ISL 8), nos quais o óleo pode percolar, dificultando os procedimentos de limpeza e gerando uma maior persistência da contaminação no ambiente (NOAA, 2000). Além disso, com a opção A o óleo sofreria menor espalhamento, facilitando as operações de recolhimento. Porém, a eficácia desse procedimento depende da rapidez na ação de resposta.

Se no momento da instalação das barreiras o óleo já tiver se espalhado para a enseada ou o vazamento ocorrer quando o navio estiver fora dos berços de atracação, as opções possíveis são a B e a C. A configuração de barreiras mostrada na opção B contém a mancha de óleo dentro de uma área mais restrita da enseada; enquanto, a opção C previne seu deslocamento para dentro da APA da baleia Franca.

Para pequenos derramamentos, principalmente de óleos mais refinados, como o óleo diesel, recomenda-se o uso de barreiras e outros materiais absorventes para o recolhimento do óleo (Fingas, 2001). Já para vazamentos de óleos mais pesados ou grandes derrames, devem ser usadas barreiras leves comuns e recolhedores do tipo “skimmer” com superfícies oleofílicas, nas quais o óleo adere para ser recolhido (NOAA, 2000; Fingas, 2001).

ISL 3 – Substratos semipermeáveis, baixa penetração e soterramento de óleo.

As praias de Ibiraquera (Fig. 5) e de Vila Nova foram classificadas neste ISL por serem praias dissipativas de areia média a fina, expostas, e possuírem campos de dunas no pós-praia.

Estes ambientes têm reflexão média de ondas, declividade entre 3 e 5°, e baixa percolação e soterramento do óleo. Geralmente a limpeza é necessária, sendo possível o tráfego de veículos.

A baixa percolação do óleo facilita os procedimentos de limpeza, que podem incluir desde o recolhimento manual, para pequenos derrames de óleos mais viscosos, até o recolhimento mecânico, com tratores do tipo retro-escavadeira, capazes de remover grandes quantidades de areia superficial coberta de óleo, sem gerar impactos significativos ao ambiente (Fingas, 2001).

A remoção manual é do método mais comum para limpeza de linhas de costa de diversos tipos. Equipes de trabalhadores recolhem o óleo, o sedimento recoberto de óleo e resíduos sólidos recobertos de óleo manualmente, usando as próprias mãos com luvas,

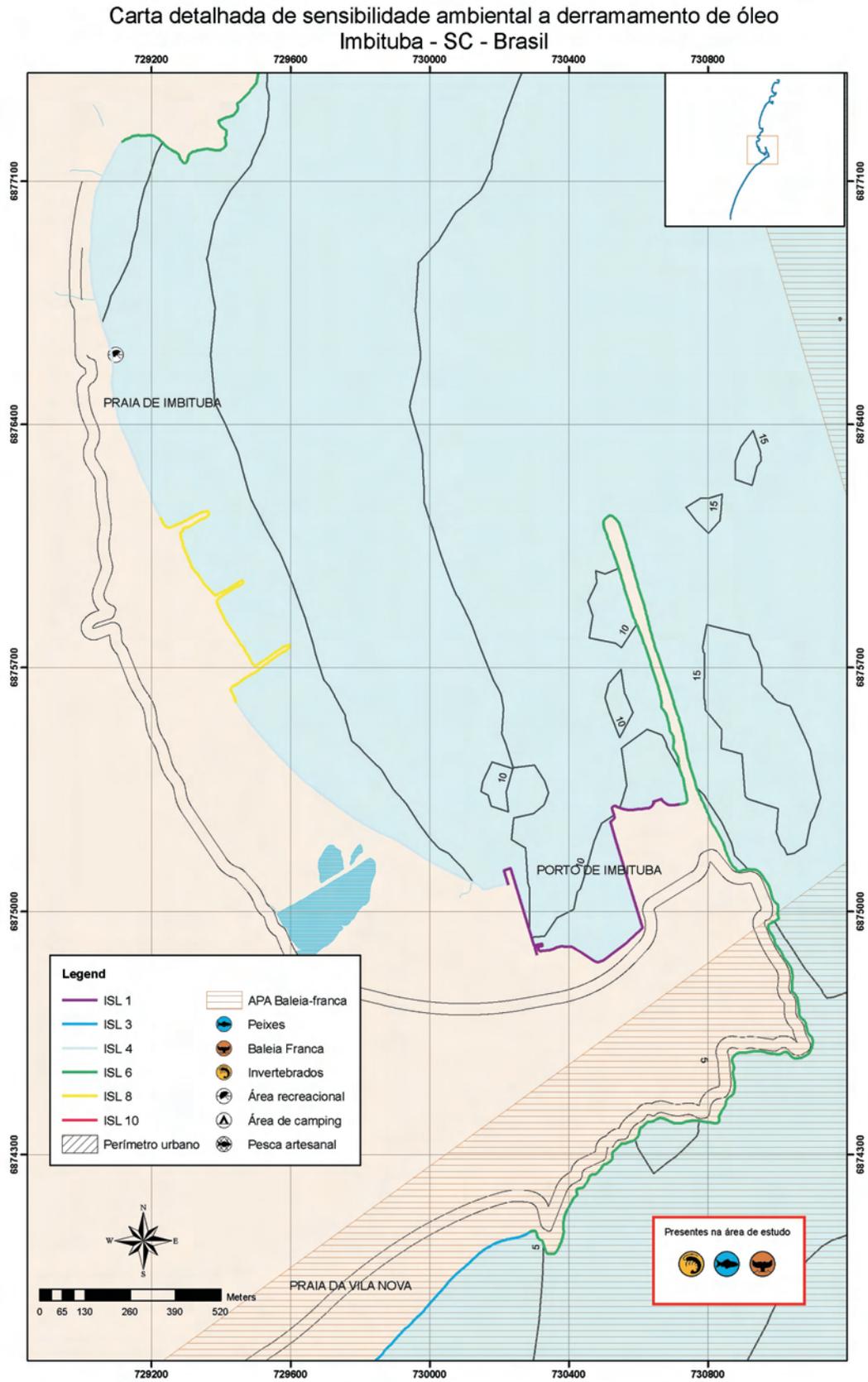


Figura 2 - Carta de detalhe de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo para área do Porto de Imbituba, em escala de 1:10.000.

pás, materiais absorventes e baldes (API, NOAA, USCG & USEPA, 2001). O maior cuidado que se deve ter nestas áreas é a proteção da zona de dunas, onde o óleo pode ficar aprisionado, gerando um impacto maior. Para isto, podem ser utilizadas barreiras absorventes,

Código do segmento	SCIB15	
Área de estudo	Imbituba	
Denominação local	Porto de Imbituba	
Coordenadas (UTM)	729441/6874293	
Extensão (cm)	52202,24	
Tipo de litoral	Estrutura artificial	
Substrato	Concreto	
Declividade da face	Não se aplica	
Exposição à energia de ondas	Abrigado	
Arrebentação	Não se aplica	
Altura de onda	Não se aplica	
Armadilhas potenciais	Não há	
Recursos socioeconômicos/históricos/culturais	Porto	Porto de Imbituba Foto: Valéria Bellotto.
Aspectos operacionais	Acesso por via asfaltada	
ISL	1	

Figura 3 - Características do Segmento SCIB15 – Porto de Imbituba – ISL 1.



Figura 4 - Imagem de satélite da enseada e porto de Imbituba, com a ilustração das opções recomendadas para disposição de barreiras para o porto de Imbituba (opção A) e para a enseada (opções B e C), no caso de ocorrência de derramamento de óleo.

ou na indisponibilidade destas, podem ser construídas bermas, valas ou diques ao longo da praia para conter o óleo e evitar que ele atinja as dunas (Fingas, 2001).

ISL 4 – Substratos de média permeabilidade, moderada penetração e soterramento do óleo.

As demais praias que não foram classificadas com ISL 3 se enquadram neste ISL, como do Rosa (Fig. 6), do Porto Novo, da Luz, D'Água e de Imbituba. Estas são praias intermediárias de areia fina a média, expostas ou abrigadas. A declividade está entre 3° e 10°, o substrato é moderadamente permeável, a mobilidade do sedimento é alta e há soterramento do óleo. Essas praias têm características semelhantes às de ISL 3, porém são mais vulneráveis por serem abrigadas.

Em um evento de derramamento de óleo, pode ocorrer a formação de estratos intercalados de sedimento limpo e contaminado e os métodos de limpeza podem misturar mais ainda o óleo com o sedimento. Em alguns desses locais não é possível o acesso de veículos, como nos casos das praias do Porto Novo e D'Água.

Os procedimentos de contenção e limpeza indicados para esses segmentos são os mesmos adotados para aqueles de ISL 3 e já descritos anteriormente.

ISL 6 – Substratos de elevada permeabilidade, alta penetração e soterramento de óleo.

Compreende todos os costões expostos, a exemplo da Ponta do Porto Novo (Fig. 7), e o molhe do Porto de Imbituba (Fig. 8).

Código do segmento	SCIB07-1	
Área de estudo	Imbituba	
Denominação local	Praia de Ibiraquera	
Coordenadas (UTM)	730480/6883325	
Extensão (cm)	192987,98	
Tipo de litoral	Praia arenosa	
Substrato	Areia muito fina	
Declividade da face	Baixa 1°	
Exposição à energia de ondas	Exposta	
Arrebentação	Deslizante	
Altura de onda	25-50cm	
Armadilhas potenciais	Percolação no substrato	
Recursos socioeconômicos/históricos/culturais	Residências; pousadas; APA Baleia-franca	Vista da parte central da Praia de Ibiraquera, local de conexão com a Lagoa de Ibiraquera. Foto: Valéria Bellotto.
Aspectos operacionais	Acesso por estrada de terra em bom estado	
ISL	3	

Figura 5 - Características do Segmento SCIB07-1 – Praia de Ibiraquera – ISL 3.

São depósitos de tálus ou enrocamento expostos, com reflexão variável das ondas, elevada permeabilidade, substrato com muitas reentrâncias, baixíssima trafegabilidade e reposição de sedimento. A percolação e persistência do óleo são muito altas e a

limpeza é difícil. Por este motivo, sempre que possível, deve-se proteger estas áreas com barreiras de contenção, para evitar que o óleo deposite sobre elas. Entretanto, se o óleo depositar sobre as rochas, a ação de resposta dependerá do volume e tipo do óleo. Para pequenos derramamentos o mais indicado é a recuperação natural. Porém, para médios ou grandes derramamentos torna-se necessária a intervenção humana para reduzir a persistência do óleo, minimizando seu impacto no ambiente. Em geral, os procedimentos mais empregados são: a limpeza superficial com material absorvente, o recolhimento do óleo das poças de maré, com o emprego de aspiradores a vácuo e a lavagem das rochas com jatos de água de baixa pressão à temperatura ambiente. Neste último caso, devem-se instalar barreiras de contenção na água em volta do costão ou do enrocamento e utilizar recolhedores mecânicos, para retirar o óleo lançado na água pela lavagem das rochas (API, NOAA, USCG & USEPA, 2001; Fingas, 2001).

ISL 8 – Substratos impermeáveis a moderadamente permeáveis, abrigados, com epifauna abundante.

Todos os segmentos correspondentes a costões rochosos abrigados estão incluídos neste ISL, a exemplo da Ponta da Ribanceira (Fig. 9). Neste ISL enquadram-se também os espigões encontrados na praia de Imbituba, próximo ao Porto (Fig. 10).

São segmentos de encostas de rochas lisas e não lisas abrigadas da ação de ondas, substratos duros, com vários graus de permeabilidade. O óleo tende a persistir e recobrir as irregularidades. De maneira geral, são locais de difícil acesso. Sempre que possível estas áreas e estruturas devem ser protegidas com o uso de

Código do segmento	SCIB02-1	
Área de estudo	Imbituba	
Denominação local	Praia do Rosa	
Coordenadas (UTM)	731831/6886707	
Extensão (cm)	71055,93	
Tipo de litoral	Praia arenosa	
Substrato	Areia fina	
Declividade da face	Média 3°	
Exposição à energia de ondas	Exposta	
Arrebentação	Deslizante	
Altura de onda	25-50cm	
Armadilhas potenciais	Percolação no substrato	
Recursos socioeconômicos/históricos/culturais	Turismo; surf; APA Baleia-franca; residência permanente	
Aspectos operacionais	Aspecto erosivo na praia; acesso por via pavimentada até próximo à praia, depois a pé por trilha descendente	
ISL	4	

Figura 6 - Características do Segmento SCIB02-1 – Praia do Rosa – ISL 4.

Código do segmento	SCIB03	
Área de estudo	Imbituba	
Denominação local	Ponta do Porto Novo	
Coordenadas (UTM)	731804/6885129	
Extensão (cm)	41921,21	
Tipo de litoral	Costão rochoso	
Substrato	Blocos e fragmentos de rochas	
Declividade da face	NR	
Exposição à energia de ondas	Exposto	
Arrebentação	NR	
Altura de onda	NR	
Armadilhas potenciais	Percolação no sedimento; aprisionamento na praia	
Recursos socioeconômicos/históricos/culturais	Residências de pescadores; pasto com gado; APA Baleia-franca	
Aspectos operacionais	Acesso por estrada de terra	
ISL	6	

Figura 7 - Características do Segmento SCIB03 – Ponta do Porto Novo – ISL 6.

Código do segmento	SCIB14	
Área de estudo	Imbituba	
Denominação local	Molhe	
Coordenadas (UTM)	730569/6875686	
Extensão (cm)	74668,56	
Tipo de litoral	Estrutura artificial	
Substrato	Enrocamento	
Declividade da face	Não se aplica	
Exposição à energia de ondas	Exposto	
Arrebentação	NR	
Altura de onda	NR	
Armadilhas potenciais	Percolação no sedimento	
Recursos socioeconômicos/históricos/culturais	Porto	
Aspectos operacionais	Acesso pelo porto	
ISL	6	

Figura 8 - Características do Segmento SCIB14 - Molhe do Porto de Imbituba – ISL 6.

barreiras de contenção na água, de forma a evitar a deposição e percolação do óleo. As barreiras podem ser de material absorvente, no caso de pequenos derramamentos ou barreiras plásticas comuns, para

Código do segmento	SCIB08	
Área de estudo	Ibituba	
Denominação local	Ponta da Ribanceira	
Coordenadas (UTM)	729769/ 6879242	
Extensão (cm)	20068,15	Propriedade rural com gado; residências; erosão para retirada de terra; APA Baleia-franca
Tipo de litoral	Costão rochoso	
Substrato	Fragmentos de rocha	Acesso por trilha íngreme
Declividade da face	Não se aplica	
Exposição à energia de ondas	Abrigada	ISL 8
Arrebentação	NR	
Altura de onda	NR	
Armadilhas potenciais	Percolação no substrato; poças de maré	
Recursos socioeconômicos/históricos/culturais		
Aspectos operacionais		

Figura 9 - Características do Segmento SCIB08 – Ponta da Ribanceira – ISL 8.

Código do segmento	SCIB13	
Área de estudo	Ibituba	
Denominação local	Praia de Ibituba	
Coordenadas (UTM)	729415/ 6875783	
Extensão (cm)	49826,72	Porto
Tipo de litoral	Praia arenosa e estrutura artificial	
Substrato	Areia muito fina; enrocamento	Acesso por estrada de terra em bom estado
Declividade da face	Média 4°	
Exposição à energia de ondas	Abrigada	ISL 8
Arrebentação	Deslizante	
Altura de onda	<25cm	
Armadilhas potenciais	Percolação nos espigões, aprisionamento nas áreas entre os espigões	
Recursos socioeconômicos/históricos/culturais		
Aspectos operacionais		

Figura 10 - Características do Segmento SCIB13 – Espigões da praia de Ibituba – ISL 8.

derramamentos de médio ou grande porte. As barreiras de material absorvente são mais caras e, em geral, não podem ser reaproveitadas, resultando ainda na produção de um volume maior de rejeitos contaminados com óleo para processamento posterior.

Os procedimentos de limpeza recomendados são os mesmos descritos para os segmentos que se enquadram no ISL 6.

ISL 10 – Zonas pantanosas com vegetação acima da água.

A Lagoa de Ibraquera (Fig. 11) é o único segmento pertencente a esse ISL. É um corpo de água de baixa energia e baixa profundidade, com fundo plano e margem vegetada, que possui uma ligação intermitente com o mar, onde existe a possibilidade de entrada de óleo, no caso de um derramamento na costa. Apresenta alta sensibilidade, principalmente por ser um ambiente de alta riqueza biológica e onde a atividade de pesca artesanal é importante.

Este ambiente deve ser protegido com prioridade máxima. Assim, em caso de derramamento na região próxima à sua desembocadura no mar, esta deve ser protegida com a instalação de barreiras leves comuns, de forma a evitar a entrada do óleo com a ação da maré. Atrás das barreiras comuns, dentro da lagoa, devem ser instaladas barreiras absorventes junto a desembocadura e ao longo das margens vegetadas, na região próxima da desembocadura (NOAA, 2000; API, NOAA, USCG & USEPA, 2001). Desta forma, mesmo que uma pequena quantidade de óleo passe pela barreira comum, colocada externamente na costa, as barreiras absorventes impedem a dispersão deste óleo dentro da lagoa e evitam a deposição do óleo sobre a vegetação marginal.

No caso da entrada de um grande volume de óleo e deposição deste sobre a vegetação marginal deve-se tomar o máximo cuidado nos procedimentos de limpeza. O recolhimento do óleo que estiver disperso na água pode ser feito por meio da adição de material absorvente pulverizado (e.g. vermiculita, turfa, palha de arroz) sobre a mancha de óleo e posterior recolhimento manual ou mecânico (NOAA, 2000; Fingas, 2001). Já para a vegetação atingida o melhor é deixar que ocorra a recuperação natural, recolhendo apenas o excesso de óleo e os detritos recobertos de óleo manualmente. Estes ambientes são altamente sensíveis e os procedimentos de limpeza podem gerar um impacto ainda maior que o óleo. O corte da vegetação está entre os procedimentos menos recomendados, pois pode causar um dano ainda maior para o ecossistema (API, NOAA, USCG & USEPA, 2001; Fingas, 2001)

Os mapas de sensibilidade ambiental integram os planos de contingência para derramamento de óleo, mas para se avaliar adequadamente os riscos potenciais

Código do segmento	SCIB06-3	 <p>Lagoa de Ibiraquera, margem Sul. Em detalhe: margem vegetada (gramíneas). Foto: Valéria Bellotto.</p>
Área de estudo	Imbituba	
Denominação local	Lagoa de Ibiraquera	
Coordenadas (UTM)	729715/ 6883006	
Extensão (cm)	NR	
Tipo de litoral	Margem vegetada	
Substrato	NR	 <p>Lagoa de Ibiraquera, margem Sul. Em detalhe: margem vegetada. Foto: Valéria Bellotto.</p>
Declividade da face	Não se aplica	
Exposição à energia de ondas	Abrigada	
Arrebentação	Não há	
Altura de onda	Não se aplica	
Armadilhas potenciais	Percolação no substrato; vegetação; aprisionamento nas margens	
Recursos socioeconômicos/históricos/culturais	Pesca; residências; barcos de pesca; trapiche	
Aspectos operacionais	Acesso fácil por estrada que contorna a Lagoa	
ISL	10	

Figura 11 - Características do Segmento SCIB06-3 – Lagoa de Ibiraquera. – ISL 10.

para cada segmento de costa é necessário ter-se, também, uma análise da vulnerabilidade destes segmentos. A vulnerabilidade de cada segmento de linha de costa pode ser determinada de acordo com sua morfologia e exposição à direção predominante do vento em um determinado período (Carmona *et al.*, 2006). Para esta análise tem-se empregado modelos numéricos, visando determinar a probabilidade de um segmento específico da costa ser atingido por uma camada de óleo, proveniente de uma fonte hipotética, sob condições meteorológicas locais específicas.

Carmona *et al.*(2006) criaram cenários de vulnerabilidade para a linha de costa do estado de São Paulo para as condições meteorológicas e oceanográficas associadas à passagem de sistemas frontais (frentes frias), com predomínio de ventos de SW-SE, e condições meteorológicas associadas ao Anticiclone do Atlântico Sul, quando há o predomínio de ventos de NE, que representam os sistemas de vento predominantes em toda a costa sudeste e sul do Brasil (Alves & Melo, 2001; Siegle & Asp, 2007). Os autores validaram o modelo comparando o cenário gerado pelo modelo para situação de passagem de frente fria com dados do derramamento de óleo do petroleiro Marina, que ocorreu no Canal de São Sebastião em março de 1985. Esta validação só foi possível devido à existência de uma base de dados sobre derramamentos de óleo da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB). Isto mostra a necessidade de se ter registros precisos e regulares dos acidentes que ocorrem ao longo da costa, envolvendo o

derramamento de óleo no mar. Para o estado de Santa Catarina ainda não existe uma base de dados semelhante a da CETESB, estruturada e disponível.

Embora não existam estudos específicos para Imbituba, a orientação geral da linha de costa daquela região (ver figura 1) e as observações feitas em campo sugerem como período mais crítico para a toda a região, ou seja, aquele no qual existe maior risco de ocorrência de acidentes com navios com derramamento de óleo e os maiores impactos ambientais, compreende os meses de abril a setembro. Neste período verifica-se uma intensificação dos sistemas frontais, que produzem ondas de maior energia e ventos que podem atingir velocidades superiores a 8 m/s, provenientes dos quadrantes leste e sul (Siegle & Asp, 2007). Verificou-se, também, a presença de inúmeras armadilhas naturais para o óleo, surgidas a partir de alterações da morfologia de algumas praias, após eventos de ressacas, quando normalmente formam-se escarpas, cavas e bancos de areia, além da erosão de dunas frontais. Isto pode gerar maior dificuldade de remoção do óleo e limpeza da praia, resultando em uma maior persistência e impacto do óleo no ambiente. Combinado a isto, tem-se neste período a presença de Baleias Francas em grande número, principalmente fêmeas com filhote, que permanecem nas enseadas a maior parte do tempo, ficando sujeitas ao impacto de eventuais derramamentos (Projeto Baleia Franca, 2006).

Cabe ressaltar, ainda, que o Porto de Imbituba recebe cargas perigosas e nocivas como Soda Cáustica e Ácido Fosfórico e, entretanto, não possui equipamentos adequados e recursos humanos capacitados para o atendimento de eventuais acidentes, envolvendo derramamento destas substâncias no mar.

CONCLUSÃO

As informações levantadas no presente trabalho mostraram que, apesar da maior ocorrência do ISL 3, indicando o predomínio de ambientes de baixa à moderada sensibilidade a derramamento de óleo, a região de Imbituba merece atenção dos órgãos ambientais e estudos mais detalhados. A importância é decorrente do fato de ser uma área de reprodução da Baleia Franca e da existência de um Porto localizado em uma enseada, nos limite da área de proteção ambiental da referida espécie de cetáceo. Além disso, a região abriga importantes atividades de pesca artesanal e de turismo e não possui infra-estrutura próxima e equipamentos de resposta adequados para atendimento de eventuais acidentes envolvendo derramamentos de petróleo e derivados.

Verifica-se, também, a necessidade de estudos específicos sobre a vulnerabilidade dos diferentes

segmentos da linha de costa da região de Imbituba para as condições meteorológicas locais predominantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro concedido ao projeto CARTA SAO da Bacia Marítima de Santos (CNPq-CTPetro, processo n° 403756/04-9, 2005), do qual a autora principal participou e que forneceu parte dos dados usados no presente trabalho. Cabem agradecimentos também ao INPE, na pessoa do Dr. Douglas Francisco Gherardi, a equipe do laboratório de Geoprocessamento da UNIVALI, a Dra. Simone Rebello da Cunha pelos dados relativos aos recursos biológicos, ao Dr. Marcus Polette pelas informações socioeconômicas disponibilizadas e a Roberto Pavan pelo auxílio no trabalho de campo.

REFERÊNCIAS

- Alves, J.H.G.M. & Melo, E. 2001. Measurements and modeling of wind waves at northern coast of Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 49 (1/2):13-28.
- American Petroleum Institute (API), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), U.S. Coast Guard (USCG) & U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2001. *Characteristics of Response Strategies: A Guide for Spill Response Planning in Marine Environments*. American Petroleum Institute, Seattle, 80p.
- Bishop, P. L. 1983. *Marine pollution and its control*. 1ª Edição. McGraw-Hill Book Company, New York, 357p.
- Carmona, S.L.; Gherardi, D.F.M. & Tessler, M.G. 2006. Environment sensitivity mapping and vulnerability modeling for oil spill response along the São Paulo State Coastline. *Journal of Coastal Research*, SI 39:1455-1458.
- Connel, D. W. & Hawker, D. W. 1992. *Pollution in tropical aquatic systems*. 1ª Edição. CRC Press, Boca Raton,
- Fingal, M. 2001. *The basics of oil spill cleanup*. 2ª Edição. Lewis Publishers, Boca Raton, 233p.
- Imbituba, Prefeitura Municipal de. Imbituba – Um mar de oportunidades. Imbituba. www.imbituba.sc.gov.br (acessado em 10 de 2005).
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2000. *Characteristic Coastal Habitats: A Guide for Spill Response Planning*. Hazardous Material Response Division, NOAA, Seattle, 85p.
- Peterson, C.H.; Rice, S.D.; Short, J.W.; Esler, D.; Bodkin, J.L.; Ballanchey, B.E. & Irons, D.B. 2003. Long-Term Ecosystem Response to the Exxon Valdez Oil Spill. *Science*. 302: 2082-2086.
- Porto de Imbituba. O porto. Imbituba, www.cdiport.com.br/texto/portoInfo.html (acessado em 10 de 2006).
- Projeto Baleia Franca. Área de proteção ambiental. www.baleiafranca.org.br/area/area.htm (acessado em 12 de 2006).
- Secretaria de Qualidade Ambiental, Ministério do Meio Ambiente (SQA/MMA). 2002. *Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo*. MMA, Brasília.
- Siegle, E. & Asp, N.E. 2007. Wave refraction and longshore transport patterns along the southern Santa Catarina coast. *Brazilian Journal of Oceanography*, 55(2): 109-120.

Received: September 10, 2007

Accepted: July 29, 2008