

Revista Brasileira de Cartografia (2014) N^o 66/1, p. 59-74
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

CARTA DA SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO EM RODOVIAS: APLICAÇÃO PILOTO NA ESTRADA DOS TAMOIOS (SP-099), ESTADO DE SÃO PAULO

Highway Environmental Sensitivity Map For Oil Spills: pilot application on Tamoios Highway (SP-099), São Paulo State

**Patrick Thomaz de Aquino Martins^{1,2}, Paulina Setti Riedel^{1,3}
João Carlos Carvalho Milanelli^{1,4}, Jose Ricardo Sturaro^{1,3}**

¹ Universidade Estadual Paulista – UNESP
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Av. 24A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil
sturaro@rc.unesp.br

² Universidade Estadual de Goiás - UEG
Unidade Universitária de Minaçu
Rua Santa Cruz, s/n, Vila de Furnas, CEP: 76450-000, Minaçu, Goiás, Brasil
patrick.martins@ueg.br

³ Universidade Estadual Paulista - UNESP
Departamento de Geologia Aplicada
Av. 24A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil
psriedel@rc.unesp.br

⁴ Universidade Estadual Paulista – UNESP
PRH / ANP
Av. 24A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil
milanelli@milanelli.com.br

Recebido em 14 de setembro, 2012/ Aceito em 01 de Outubro, 2013
Received on September 14, 2012/ Accepted on October 01, 2013

RESUMO

A Carta de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo (Carta SAO) é um dos documentos que faz parte do plano de emergência em episódios que ocorram derramamento de petróleo ou derivados. Modal mais utilizado no Brasil para transporte de petróleo e derivados, a rodovia emerge como o principal difusor em acidentes que resultem em derramamento de óleo no ambiente. Com o objetivo de realizar o mapeamento da sensibilidade ambiental para derramamento de óleos da Estrada dos Tamoios (SP-099), o presente estudo elencou cinco áreas piloto ao longo da rodovia, delimitando uma área de influência direta (buffer) de 500m. Foram utilizadas técnicas de fotointerpretação e geoprocessamento, saídas de campo e pesquisas bibliográficas. Quatro elementos foram adotados à elaboração da Carta SAO: (1) recursos faunísticos; (2) mosaico socioeconômico; (3) cobertura da terra; e (4) Índice de Sensibilidade Ambiental Terrestre (IST) e fluvial. Foram identificadas 595 espécies faunísticas, pertencentes a seis grupos (Invertebrados Terrestre, Mamíferos, Répteis, Anfíbios, Aves e Peixes). O mosaico socioeconômico identificado é caracterizado

por grupos recreacionais, área sob gestão especial, uso e extração de recursos naturais, transporte e tipo de ocupação. As áreas piloto são caracterizadas por IST de classe intermediária, não contendo classes de nível 9 e 10, as mais altas. Os segmentos mais sensíveis estão localizadas nas áreas piloto A1, A3 e A5, estando relacionados ao meio físico, à sensibilidade fluvial e à diversidade biológica, respectivamente. As sensibilidades aferidas neste trabalho são indicações que devem ser levadas em conta durante uma emergência. Por constituir um mapa, estas sugestões devem ser estudadas e interpretadas por profissionais capacitados para lidar com este tipo de documento e com competência à aplicação.

Palavras chaves: Carta SAO, Petróleo, Índice de Sensibilidade Ambiental Terrestre, Índice de Sensibilidade Ambiental Fluvial.

ABSTRACT

The Environmental Sensitivity Map for Oil Spills is a document that is part of the emergency plan in occurring episodes of oil spills or its derivatives. The modal most used in Brazil for oil and oil products transportation are the roads and they are the main means of accidents resulting in oil spills in the environment. With the purpose of accomplishing the Tamoiós Highway (SP-099) environmental sensitivity mapping for oil spills, this study listed five pilot areas along the highway, delimiting a 500 m buffer area. The following were used: photointerpretation and GIS techniques, field trips and bibliographic research. Four elements were adopted for the composition of the Environmental Sensitivity Map for Oil Spills: (1) wildlife resources; (2) social and economic mosaic; (3) land cover; and (4) Terrestrial (TESI) and fluvial Environmental Sensitivity Index. We identified 595 animal species, belonging to six groups (Terrestrial Invertebrates, Mammals, Reptiles, Amphibians, Birds and Fish). The social and economic mosaic identified was characterized by recreational groups, an area under special management, usage and natural resource extraction, transportation and occupation. The pilot areas are characterized by TSI intermediate class, not containing level 9 and 10 classes, the highest ones. The most sensitive segments are located in pilot areas A1, A3 and A5, and are related to the physical environment, as well as the sensitivity of fluvial and biological diversity, respectively. The sensitivities measured in this study are indications that should be taken into account during an emergency. Because it is a map, these suggestions should be studied and interpreted by professionals trained to deal with this type of document and who have the necessary application expertise.

Keywords: Index Environment Map, Oil, Terrestrial Environmental Sensitivity Index, Fluvial Environmental Sensitivity Index.

1. INTRODUÇÃO

A diferenciada distribuição geográfica das reservas petrolíferas exige uma ágil e eficiente logística de transporte do óleo dos campos de produção às refinarias, petroquímicas, bases de processamento em geral e ao consumidor final.

Apesar do domínio de avançadas técnicas de transporte de petróleo e seus derivados nos modais atualmente utilizadas (dutoviário, ferroviário, fluvial, marítimo e rodoviário), as condições adversas (humanas, ambientais e de materiais) enfrentadas por esse sistema podem induzir à ocorrência de acidentes. Nestes casos, são necessários planos de emergência que minimizem os impactos ambientais e sócio-econômicos do episódio no menor espaço de tempo possível.

Para que isso seja possível é essencial a preparação para resposta rápida com a definição dos responsáveis pelas ações, a disponibilização dos recursos e logística para combater o

vazamento, além do estabelecimento de áreas prioritárias de proteção (WIECZOREK, 2006).

Assim, a gestão preventiva e corretiva de acidentes em sistemas lineares pressupõe a preparação preventiva com a adequada abordagem dos cenários acidentais (Gerenciamento de Riscos) e a preparação corretiva através de um adequado Plano de Emergência.

O mapeamento de sensibilidade é subsídio fundamental tanto para a gestão preventiva como corretiva destes cenários acidentais.

Para a zona costeira, grandes avanços ocorreram no diagnóstico e mapeamento ambiental das áreas de influência relacionadas a vazamentos de petróleo e derivados (MARTINS *et al.*, no prelo).

Nesse sentido, a NOAA (*US National Oceanic and Atmospheric Administration*) foi uma das precursoras na implantação de metodologias de mapeamento de sensibilidade. Esta metodologia foi adaptada no Brasil pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA)

e normatizada com a criação das Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo, Cartas SAO (MMA, 2004).

O princípio metodológico das CARTAS SAO, tem sido adotado e adaptado para áreas fluviais e terrestres, por autores como Martins (2012) e Silva (2010), que trabalharam com obras lineares, com aplicação no modal rodoviário e ferroviário, respectivamente.

Apesar da relevante malha dutoviária existente, especialmente no sudeste brasileiro, a rodovia tem sido o modal mais utilizado para a distribuição de petróleo e derivados pelo território nacional. Alguns derivados, como por exemplo, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), possuem como via exclusiva de transporte a rodovia (SOARES, 2003).

A demanda do transporte rodoviário de grânéis químicos, derivados de petróleo e produtos perigosos é refletida na representatividade de acidentes tanto no âmbito estadual (CETESB, 2009), quanto no nacional (IBAMA, 2008; 2009; 2010). As estatísticas mostram que a grande maioria dos acidentes com químicos ocorre no modal rodoviário e que a classe predominante é de líquidos inflamáveis (combustíveis).

O aumento paulatino das reservas comprovadas de petróleo, especialmente vinculado à era Pré-sal, (AGÊNCIA PETROBRAS DE NOTÍCIAS, 2006; 2007a; 2007b), têm impulsionado o crescimento da produção petrolífera brasileira e de toda a infraestrutura de apoio.

A despeito da precária situação existente na malha rodoviária brasileira, a rodovia desponta nesse contexto como o principal modal a ser utilizado nas próximas décadas para o transporte de petróleo e derivados no Brasil. Cerca de 69% das rodovias brasileiras são classificadas com qualidade variando de ruim a péssima, considerando características do pavimento, da sinalização, geometria da via e existência de pontos críticos (CNT, 2009). Dessa forma, a probabilidade de ocorrência crescente de acidentes envolvendo o transporte de petróleo e derivados é significativa, considerando o aumento na frota de caminhões em circulação.

Os ambientes adjacentes aos traçados das rodovias são muito pouco conhecidos e estudados, especialmente quanto a sua sensibilidade e vulnerabilidade aos acidentes. Além disso, a

carência de estudos e mapeamentos vinculados às rodovias dificulta e prejudica as ações de resposta das equipes de emergência. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo incorporar e ajustar a metodologia das cartas SAO para o modal linear rodoviário, através do mapeamento da sensibilidade ambiental para derramamento de óleos na Estrada dos Tamoios (SP-099).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A Estrada dos Tamoios (SP-099) é uma rodovia estadual localizada no leste do estado de São Paulo. Com 82 km de extensão, liga o município de São José dos Campos a Caraguatatuba, atravessando os municípios de Jambeiro e Paraibuna (Figura 1).

A SP-099 é fundamental e estratégica para as atividades de ampliação e modernização de infra-estrutura em curso na região leste paulista, motivadas e estimuladas pelos processos de dinamização econômica relacionados com a exploração de petróleo e gás, com destaque para a reestruturação do Porto de São Sebastião

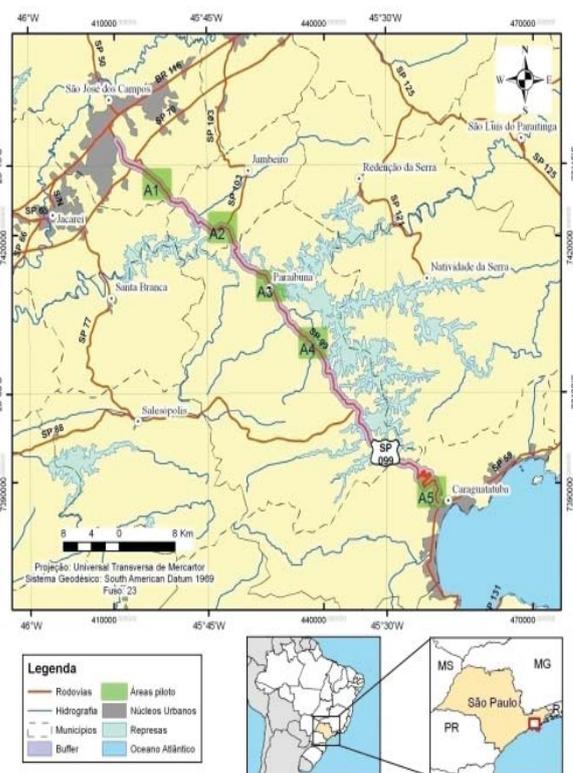


Fig. 1 – Localização da Estrada dos Tamoios (SP-099), áreas piloto e buffer.

(BREUNIG; MELLO, 2010).

Na Tamoios foram definidas cinco áreas piloto, denominadas A1, A2, A3, A4 e A5 (Figura 1). Estas áreas foram escolhidas de acordo com a representatividade dos elementos que margeiam a rodovia, *i.e.*, cidades, diversidade de cobertura vegetal, corpos d'água, unidades de gestão ambiental (Área de Proteção Permanente, Unidade de Conservação, etc.), unidades geológicas (sedimentar e cristalina), dentre outros.

Foi delimitada, ainda, uma área de influência direta (*buffer*) de 500m para cada lado da margem da rodovia (Figura 1). Esta área de influência foi definida considerando os cenários acidentais imediatos, com vazamentos de cargas a partir da rodovia (área de influência direta - AID). A área afetada por um vazamento neste cenário pode certamente extrapolar esta área a partir da percolação vertical no terreno, pelo lençol freático e especialmente pelos corpos d'água superficiais. No entanto, esta AID é a faixa onde o impacto agudo ocorre e onde são concentradas as principais ações de contenção remoção e mitigação.

2.2 Base cartográfica

A base cartográfica utilizada no presente estudo foi composta por recortes do mosaico de imagens ortorretificadas SPOT, denominada SPOTMaps. Este mosaico é produzido a partir de imagens do satélite SPOT 5, coloridas, com 2,5m de resolução espacial e não possui cobertura de nuvens na área de estudo.

Estas imagens foram cedidas pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Governo de São Paulo, em cor "real" (composição colorida RGB), formato GeoTiff, datadas dentro do intervalo de anos entre 2007 e 2009, com o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), *Datum* SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

Como suporte, foram utilizadas cartas topográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (Quadro 1) em escala 1:10.000 e equidistância de curvas de nível de 5 metros. As folhas, ano 1977, possuem sistema de projeção UTM e *Datum* de Córrego Alegre.

As folhas foram rasterizadas, georreferenciadas e vetorizadas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), onde também foi realizada a mudança no *Datum*, de Córrego Alegre para SIRGAS.

A partir das cartas topográficas vetorizadas, foi gerada uma imagem de relevo sombreado, com as seguintes características: azimute = 315, altitude = 45 e fator z = 1.

2.3 Componentes da Carta SAO

A Carta SAO é composta por três principais componentes: (1) um sistema de ranqueamento de linha de costa (ISA) em escala crescente de sensibilidade, de 1 a 10; (2) recursos biológicos; (3) e recursos sócio-econômicos de valor comercial, recreacional ou de subsistência (JENSEN *et al.*, 1998).

Estes três grupos de informações foram ajustados e adequados para o cenário terrestre. Para o presente trabalho, foi incorporada a cobertura da terra, com suas diferentes fitofisionomias como elemento biótico relevante.

2.3.1 Índice de Sensibilidade Terrestre - IST

A sensibilidade ambiental para os ambientes terrestres adjacentes à Tamoios foi aferida seguindo a proposta de Martins (2012). Esta proposta é baseada na identificação e classificação de segmentos ambientais, de acordo com cinco variáveis-chave: (1) **declividade** (2) **textura do material do perfil de alteração**, (3) **profundidade do perfil de alteração**, (4)

Quadro 1: Folhas utilizadas como suporte à base cartográfica.

Código "XY"	Nome da folha	Código da folha
85/118	Granja Itambi	SF-23-Y-D-II-3-NE-A
85/119	Fazenda Lampião	SF-23-Y-D-II-3-NE-B
86/120	Bairro Pedreira	SF-23-Y-D-II-4-NO-C
87/120	Fazenda São Vicente	SF-23-Y-D-II-4-NO-E
87/121	Bairro Itapeva	SF-23-Y-D-II-4-NO-F
88/121	Paraibuna	SF-23-Y-D-II-4-SO-B
89/122	Fazenda Vale do Paraguai	SF-23-Y-D-II-4-SE-C
90/122	Fazenda Lageadinho	SF-23-Y-D-II-4-SE-E
93/124	Pico do Tinga	SF-23-Y-D-VI-1-NO-E
93/125	Caraguatatuba I	SF-23-Y-D-VI-1-NO-F

profundidade do nível d'água, e (5) densidade de drenagem.

O segmento ambiental é definido como um trecho da área de estudo com características ambientais homogêneas (MMA, 2004).

Os segmentos ambientais propostos para a elaboração do índice de sensibilidade ambiental terrestre (IST ou TESI, do inglês *Terrestrial Environmental Sensitivity Index*) constituem as zonas homogêneas (homólogas) do terreno caracterizadas de acordo com as variáveis-chave.

A delimitação das zonas homogêneas do terreno foi realizada empregando-se a técnica de compartimentação fisiográfica (VEDOVELLO, 1993), utilizando a lógica e sistemática de interpretação de imagens de fotografia aéreas proposta por Soares e Fiori (1976) e sua adaptação para imagens orbitais realizada por Veneziani e Anjos (1982).

A identificação das zonas homogêneas ou unidades de compartimentação foi realizada com base nos elementos texturais e estruturais da drenagem e do relevo, a partir das imagens SPOTMaps, do relevo sombreado e da declividade.

A rede de drenagem foi identificada e vetorizada a partir das imagens SPOTMaps, auxiliada pelo relevo sombreado.

As propriedades do relevo analisadas e utilizadas para subsidiar a delimitação das zonas homogêneas foram baseadas em Ponçano *et al.* (1981) e estão dispostas no Quadro 2. As áreas em que estas propriedades não se enquadravam foram identificadas como depósitos fluviais ou marinhos.

A identificação das zonas homogêneas a partir da compartimentação resultou em um banco de dados espacial, onde os polígonos, correspondentes aos vários compartimentos, receberam atributos referentes às classificações das diferentes variáveis-chave constituindo, desta forma, um segmento ambiental.

A **declividade**, por já ter sido gerada e classificada para subsidiar a compartimentação fisiográfica, foi reempregada como variável de análise, considerando-se os seguintes intervalos de classe: alta (>30%), intermediária (15-30%) e baixa (<15%).

Após a classificação dos intervalos de declividade, foi realizada uma operação zonal. Este tipo de operação utiliza cálculos estatísticos

em uma imagem raster no interior de uma zona, cujos limites se localizam em outro conjunto de dados. No caso da declividade, foi calculada, com o uso do software ArcGis, a classe que ocorre com maior frequência dentro de cada zona homogênea ou compartimento, procedimento denominado maioria (*majority*). Os valores obtidos para cada zona homogênea foram agregados ao banco de dados de acordo com a classe (alta, média ou baixa) correspondente.

A **textura do material do perfil de alteração** foi determinada a partir da análise da forma de encosta e confirmada em ensaios granulométricos de amostras obtidas em expedições de campo.

Para a realização de ensaio granulométrico foi recolhida uma amostra de aproximadamente 800 gramas de cada compartimento.

Cada amostra foi seca por 24h em estufa a 100°C, destorroadas e reservadas 100g. Ao material reservado foi aplicado 50ml de defloculante (45,7g de hexametáfosfato de Na para cada litro de água destilada), o qual ficou reagindo por 12h.

Após este período, o material foi lavado em uma peneira granulométrica de abertura 0,062mm (ABNT 230, Tyler 250). O material retido na peneira foi seco em estufa por 24h a 100°C e peneirado por 10min em agitador mecânico com a seguinte seqüência de peneiras: 30, 70, 230 (ABNT).

O material retido em cada peneira foi pesado e os valores foram tabulados e agrupados em três classes: fina para perfis predominado por argila e silte (<0,062mm); média para materiais de granulometria caracterizados por areia fina e média (0,6<0,062mm); e grossa, para materiais com textura maiores que areia grossa (>0,6mm). As diferentes classes foram adicionadas, no SIG, como atributo no banco de dados dos segmentos ambientais (zonas homogêneas ou compartimentos).

Para a aquisição das classes da **espessura do perfil de alteração**, sua correspondência ao compartimento e, conseqüentemente, inserção no banco de dados, foram realizadas análises dos segmentos quanto à declividade, extensão e forma de topo e forma da encosta, acompanhadas de expedições de campo, onde foram realizadas medições da espessura do perfil de alteração dentro dos compartimentos. Foram aproveitados

Quadro 2: Propriedades do relevo utilizadas para a compartimentação fisiográfica. Fonte: Ponçano (1981)

Propriedades	Categorias	Intervalos	Conceito
Forma dos topos	Aplainado	-	Convencional
	Arredondado		
	Anguloso		
Extensão dos topos	Extenso	-	Convencional
	Restrito		
Perfil das vertentes	Côncava Retilínea	-	Convencional
	Convexa		
Declividade	Baixa Média Alta	< 15%	Inclinação média do perfil da encosta, expressa em porcentagem
		15-30%	
		> 30%	
Amplitude local	Pequena Média Grande	0-100m	Altura máxima da unidade em metros, acima do assoalho dos grandes vales adjacentes.
		101-300m	
		> 301m	
Tropia	Muito orientada Orientada	-	Convencional
	Pouco orientada		
	Não orientada		

perfis expostos em cortes de estradas e taludes fluviais. As classes compreendem os seguintes intervalos: pouco espesso (<1m), espessura intermediária (1m-2m) e muito espesso (>2m).

A variável seguinte, **profundidade do nível d'água (N.A.)**, foi obtida estimando a espessura da zona insaturada, de acordo com Sturaro (2011).

Os procedimentos de Sturaro (2011) consistem em uma aproximação baseada em conceitos de hidrologia e hidrogeologia, conforme segue.

A partir da utilização das cartas topográficas e da imagem SPOTMaps, foram identificados, de modo pontual, cursos d'água, sendo registrados a longitude, latitude e cota altimétrica. Inicialmente, são identificadas as drenagens de maior ordem da área de estudo, que são consideradas com afloramentos do lençol freático. Avalia-se a maior e a menor cota do nível d'água, baseado na análise do percurso

do rio no mapa topográfico. Na sequência, são identificados os pontos de intersecção de drenagens de ordens inferiores, que possam representar afloramentos do lençol freático, registrando-se sua coordenada geográfica e cota topográfica. Estes pontos foram tabulados e complementados com informações obtidas em expedições de campo, dados de profundidade do N.A. disponíveis no Relatório de outorgas do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE, 2011) e no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Rodovia dos Tamoios (FESPSP, 2007).

Os registros tabulados foram transformados em uma malha regular, a qual foi subtraída da malha topográfica. A diferença entre as duas malhas resultou em uma malha que representa a profundidade do NA.

As classes para esta variável foram definidas de acordo com o quantil do número de classes dos dados aferidos. Foram atribuídas as

seguintes terminologias: raso para profundidade até 15m; intermediário para NA entre 15 e 45m de profundidade; e profundo quando o NA tiver mais de que 45m de profundidade.

Após a divisão em classes, esta variável foi acrescentada ao banco de dados a partir da operação zonal *majority*.

A **densidade de drenagem** foi obtida automaticamente com o uso do algoritmo *kernel density*. Para tal, foi utilizada a rede de drenagem digitalizada e utilizada para subsidiar a compartimentação fisiográfica.

O cálculo da densidade de drenagem utilizou os seguintes valores: 1000 para o raio e km² como unidade de área.

Por ter estreita correlação com a permeabilidade, os intervalos de classe de densidade de drenagem foram correlacionadas à permeabilidade relativa e divididas de acordo com os seguintes intervalos: < 2,7 permeabilidade baixa para áreas cristalinas e alta para áreas sedimentares; 2,7-4,6 permeabilidade intermediária para ambos os tipos de área; e > 4,6 permeabilidade alta para áreas cristalinas e baixa para as sedimentares, conforme o método de otimização de Jenks (JENKS, 1967). O cálculo dos valores de classe de densidade de maior ocorrência dentro de cada segmento ambiental foi adicionando ao banco de dados.

Após o estabelecimento das classes para todas as variáveis-chave e inclusão das informações relativas a estas classes no banco de dados, foi atribuída uma sensibilidade ambiental parcial (baixa, intermediária, alta) para cada classe, conferindo uma cor característica a cada sensibilidade parcial. As sensibilidades

parciais e as cores utilizadas estão disponíveis na Figura 2.

A partir da combinação das cores equivalentes à sensibilidade parcial atribuída a cada uma das cinco classes, cada uma pertencente a uma variável-chave, foi definida a sensibilidade ambiental terrestre final do segmento ambiental, utilizando a análise gráfica (Figura 2).

2.3.2 Recursos Biológicos (Fauna)

O levantamento faunístico foi realizado predominantemente por meio de pesquisa bibliográfica (dados secundários). Eventualmente, durante as etapas de campo, foram registradas a localização geográfica, a fitofisionomia e fotografias das espécies encontradas na área de estudo.

A pesquisa bibliográfica consistiu na busca de informações faunísticas em quatro diferentes documentos, todos em meio digital. Os documentos analisados foram: o Sistema de Informação Ambiental do Biota (SinBiota) (BIOTA-FAPESB, 2004), o Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar (IF, 2008), o Estudo de Impacto Ambiental da Estrada dos Tamoios (FESPSP, 2007) e o Portal de periódico da CAPES (CAPES, 2009). Em todos os casos, foi realizado um inventário geral seguido de triagem para as áreas piloto.

As espécies identificadas foram reunidas em grupos, sendo estes implementados como banco de dados, e adicionados às cartas.

A representação cartográfica do levantamento faunístico foi feita utilizando ícones pontuais específicos, de acordo com os principais grupos, conforme MMA (2004).

Aos grupos não simbolizados no MMA (2004) e presentes na área de estudo, foram utilizados ícones elaborados no âmbito do Grupo de Trabalho (GT) de sensibilidade ambiental ao óleo da UNESP, adaptados do Guia NOAA (PETERSEN *et al.*, 2002) ou criados para o presente estudo.

2.3.3 Atividades Socioeconômicas

As atividades socioeconômicas presentes nas áreas piloto foram identificadas a partir de expedições de campo. Ainda na etapa de mapeamento da cobertura da terra foi possível

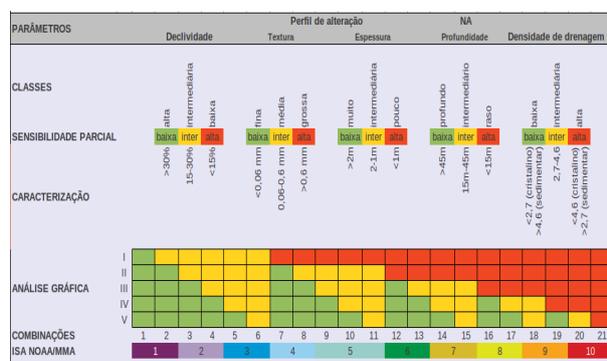


Fig. 2 – Sensibilidade relativa atribuída a cada classe das variáveis elencadas à concepção do IST, análise gráfica e índice correspondente.

identificar algumas áreas que poderiam estar incluídas nessa categoria, a partir de alguma atividade ou uso, como, por exemplo, pecuária e pesca, as quais foram confirmadas em campo.

O trabalho de campo consistiu em identificar e registrar a localização geográfica (coordenadas), registro fotográfico e descrição de todas as atividades socioeconômicas presentes nas áreas contíguas à rodovia (*buffer*). Foram utilizados um receptor GPS, uma câmera fotográfica, fotocartas e uma planilha de pontos e fotos.

As atividades identificadas foram adicionadas a um banco de dados no SIG e representadas cartograficamente, de acordo com MMA (2004). Assim como ocorreu com o levantamento faunístico, as atividades e usos ausentes no MMA (2004) que necessitavam de ícones representativos foram criados no GT de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da UNESP ou elaborados exclusivamente para o presente estudo.

2.3.4 Cobertura da terra

O mapeamento da cobertura da terra foi realizado a partir da interpretação visual de imagens SPOTMaps, com a utilização de elementos de interpretação descritos em Jensen (2009), auxiliado por expedições de campo. Os elementos fotointerpretativos utilizados foram: a localização, o tom, a cor, o tamanho, a forma, a textura, o padrão e a sombra.

No campo foi possível identificar algumas incoerências interpretativas e alterações realizadas no intervalo de tempo entre o imageamento e cobertura atual, sendo estas ajustadas, quando possível.

2.4 A sensibilidade fluvial

A presença de representativos corpos d'água nas áreas piloto exigiu a aplicação de um índice de sensibilidade específico a este meio. O índice adotado aos ambientes dulciaquícolas foi o do NOAA (PETERSEN *et al.* 2002).

Foram classificados apenas os ambientes dentro do *buffer*. No entanto, as drenagens à jusante, respeitando os perfis topográficos, podem ser suscetíveis, ampliando a área atingida para fora da AID (*buffer*).

Devido a peculiaridades inerentes a esse índice, foi necessário realizar adaptações, como pode ser observado no Quadro 3. O mesmo apresenta também a simbologia utilizada no presente estudo.

A identificação das feições, visando à sensibilidade ambiental dos corpos d'água, foi realizada por meio de caminhamento das margens e registro das feições, seguindo o critério de homogeneidade das características geomorfológicas (inclinação da margem, substrato, altura/amplitude, tipo do ambiente) e fitofisionômica. Como auxílio, foram utilizadas as mesmas ferramentas empregadas ao registro dos dados faunísticos e socioeconômicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Índice de Sensibilidade Ambiental terrestre

A escala na qual as Cartas foram produzidas foi a de 1:15.000. Esta escala se corresponde à tipologia de descargas de pequeno e médio volume com dispersão horizontal relativamente restrita enquadrando-se, segundo MMA (2004) a ações ao nível operacional. Nesta escala de detalhe é possível identificar aspectos ambientais locais relevantes na gestão emergencial. Um exemplo do produto obtido pode ser observado na Figura 3.

Os segmentos ambientais, à semelhança dos segmentos utilizados para a análise da sensibilidade das áreas costeiras, constituem uma forma sintética de representação espacial do Índice de Sensibilidade Ambiental nas Cartas

Quadro 3: Índice de sensibilidade fluvial utilizado para mapeamento dos corpos d'água da área de estudo.

Ambientes	Índice NOAA	Índice utilizado	Simbologia utilizada
Margens rochosas expostas	1A	1	
Estruturas artificiais expostas	1B		
Escarpa exposta rochosa com base do talude de seixo	1C		
Banco rochoso, borda de leito rochoso	2A	2	
Margens expostas e erodidas em sedimentos inconsolidados	3	3	
Barras arenosas e margens levemente inclinadas	4	4	
Areia mista e banco de cascalho e margens levemente inclinadas	5	5	
Barras de cascalho e margens levemente inclinadas	6A	6	
Enrocamento	6B		
Estruturas artificiais protegidas	8B	8	
Enrocamento protegido	8C		
Ribeiras vegetadas acentuadamente inclinada	8F		
Margem baixa vegetada	9B	9	

SAO.

A aplicação da compartimentação fisiográfica à Estrada dos Tamoios resultou em 23 segmentos ambientais divididos nas cinco áreas piloto (Figura 4).

A área piloto A5 é a que possui maior extensão de área, com cerca de 634 ha. (Figura 5). Com maior número de segmentos, seis, a A3 é, também, a que possui o segmento com menor área, com pouco menos de 1,8 ha. Em contraste, a A1 é a área piloto com o menor número de segmentos, três, e o segmento A4-04 o que possui maior área, com aproximadamente 254 ha. A classe menos representativa, 5, está presente apenas na área A5.

A composição do ISA final dos segmentos das áreas piloto, com as respectivas classes e sensibilidades parciais pode ser observada no Quadro 4,

Sete são as classes de sensibilidade ambiental ao óleo identificadas nas áreas piloto da Estrada dos Tamoios (Quadro 4 e Figura 4). As classes 2 e 6 são as mais recorrentes, presentes em seis segmentos cada. Com exceção das três classes que não estão presentes em nenhuma das áreas (3, 9 e 10), as classes menos presentes são as classes 1 e 5, com apenas um segmento (Quadro 4 e Figura 4).

A área A1 é a mais sensível, com segmentos com as classes de sensibilidade mais altas, ao passo que A2 e A4 possuem as áreas menos sensíveis.

A classe 2 prevalece também em extensão, com pouco mais de 773ha. As classes 6, 7 e 8 são igualmente representativas, sobretudo nas

áreas A1 e A5, simbolizando repartição similar entre alta, média e baixa sensibilidade ao óleo nas áreas piloto (Figura 5).

3.2 Recursos biológicos

Nas cinco áreas piloto foram identificadas 595 espécies de fauna, pertencentes a seis grupos (Figura 6). As aves compreendem o grupo com o maior riqueza em espécies (cerca de 46%), dividido em três subgrupos, de rapina, terrestres não passeriformes e passeriformes, sendo, o último, o subgrupo com maior número de espécies.

A área A5 é a que possui maior variedade faunística. Esta variedade pode ser explicada pela presença da maior área contínua de remanescentes de Mata Atlântica (IF, 2008), sendo, por esse motivo, a área com mais informações de inventário faunístico na Rodovia.

A maior variedade de grupos faunísticos na A5, agregada a uma área com sensibilidade intermediária, denota a importância ambiental desta área. Neste sentido, esta é uma das áreas prioritárias para a gestão preventiva e corretiva de acidentes, visando minimizar e mitigar impactos na biota local.

Ressalta-se que na A5 algumas espécies são endêmicas ou estão listadas como ameaçadas de extinção, tais como a rã-achatada-de-cachoeira-da-Serra-do-Mar (*Cycloramphus dubius* Miranda-Ribeiro, 1920) (IF, 2008) e a jacutinga (*Pipile jacutinga* Spix, 1825) (MACHADO *et al.* 2008), respectivamente.

O grupo aves foi o único que foi registrado

Quadro 4: Síntese da sensibilidade ambiental parcial e final atribuída para cada segmento.

Áreas piloto	Segmentos	Declividade	Textura	Espessura	N.A.	Densidade de drenagem	IST
A1	A1-01	Baixa	Média	Muito	Rasa	Alta	8
	A1-02	Intermediária	Média	Muito	Rasa	Alta	7
	A1-03	Baixa	Fina	Muito	Rasa	Alta	8
A2	A2-01	Intermediária	Fina	Muito	Intermediária	Intermediária	2
	A2-02	Baixa	Fina	Muito	Rasa	Intermediária	6
	A2-03	Alta	Fina	Muito	Intermediária	Alta	4
	A2-04	Intermediária	Fina	Muito	Rasa	Alta	6
A3	A3-01	Intermediária	Grossa	Pouco	Rasa	Baixa	8
	A3-02	Alta	Média	Muito	Profunda	Intermediária	2
	A3-03	Alta	Fina	Muito	Profunda	Intermediária	1
	A3-04	Baixa	Fina	Muito	Rasa	Intermediária	6
	A3-05	Alta	Média	Muito	Profunda	Alta	4
	A3-06	Alta	Fina	Intermediária	Profunda	Intermediária	2
A4	A4-01	Alta	Fina	Muito	Intermediária	Alta	4
	A4-02	Baixa	Fina	Muito	Rasa	Baixa	6
	A4-03	Intermediária	Fina	Muito	Intermediária	Intermediária	2
	A4-04	Intermediária	Fina	Muito	Intermediária	Intermediária	2
	A4-05	Intermediária	Fina	Muito	Intermediária	Intermediária	2
A5	A5-01	Alta	Média	Pouco	Profunda	Alta	6
	A5-02	Alta	Grossa	Pouco	Profunda	Intermediária	6
	A5-03	Baixa	Média	Muito	Rasa	Intermediária	7
	A5-04	Alta	Grossa	Intermediária	Profunda	Intermediária	5
	A5-05	Alta	Grossa	Pouco	Profunda	Alta	8

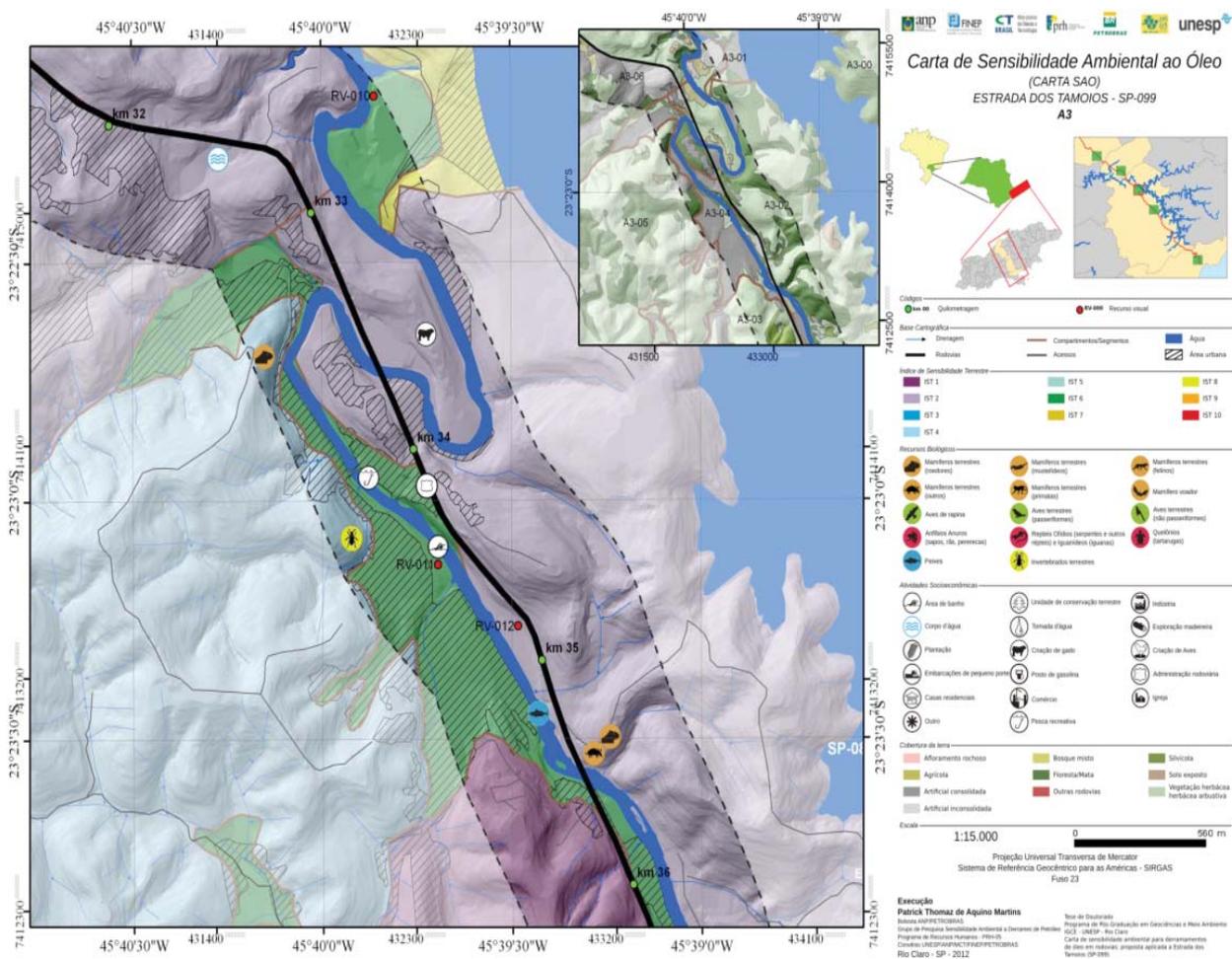


Fig. 3 – Exemplo de Carta SAO. Área piloto A3.

também em campo e identificado por especialista, sendo registrados canários (*Sicalis flaveola* Linnaeus, 1766), pardais (*Passer domésticos* Linnaeus, 1758), Garibaldis (*Chrysomus ruficapillus* Vieillot, 1819), pertencentes ao sub-grupo passeriformes, e anu-preto (*Crotophaga ani* Linnaeus, 1758), do sub-grupo não passeriformes (Figura 7).

A sensibilidade ambiental envolvendo a elevada diversidade faunística na A5 faz deste local uma área prioritária de proteção. No entanto, a sua vulnerabilidade é alta uma vez que o acesso à área é extremamente difícil e restrito. A ausência de estradas ou trilhas no norte desta área pode ser crucial a atividades de combate e ações mitigadoras emergenciais.

O grupo mamíferos foi caracterizado com a presença de seis subgrupos. É, também, o único grupo identificado em todas as cinco áreas. Foram criadas as simbologias dos sub-grupos de mamíferos terrestres primatas e “outros”, devido à representatividade de ambos os grupos nas áreas de estudo.

Os invertebrados terrestres foram pouco representativos no levantamento, com apenas duas espécies identificadas. Obviamente isso ocorreu devido a ausência de dados secundários sobre este grupo faunístico na AID.

Este fato ressalta a importância dos estudos envolvendo caracterização, diagnóstico e monitoramento de áreas naturais relevantes associadas aos traçados das rodovias e outros sistemas lineares. Neste caso, seria possível o adequado inventário faunístico de invertebrados *in situ*, considerando que este grupo é bastante variado e diverso (LEWINSOHN; PRADO, 2005; HAMMOND *et al.*, 1995) e é extremamente suscetível aos impactos dos vazamentos.

Para o grupo dos invertebrados terrestres foi criada simbologia específica. Para utilização no presente estudo, foi adaptada a simbologia disponível no guia NOAA (PETERSEN *et al.*, 2002).

A área com menor variedade e quantidade de grupos faunísticos é a A1. A proximidade com a única metrópole da Tamoios, e as

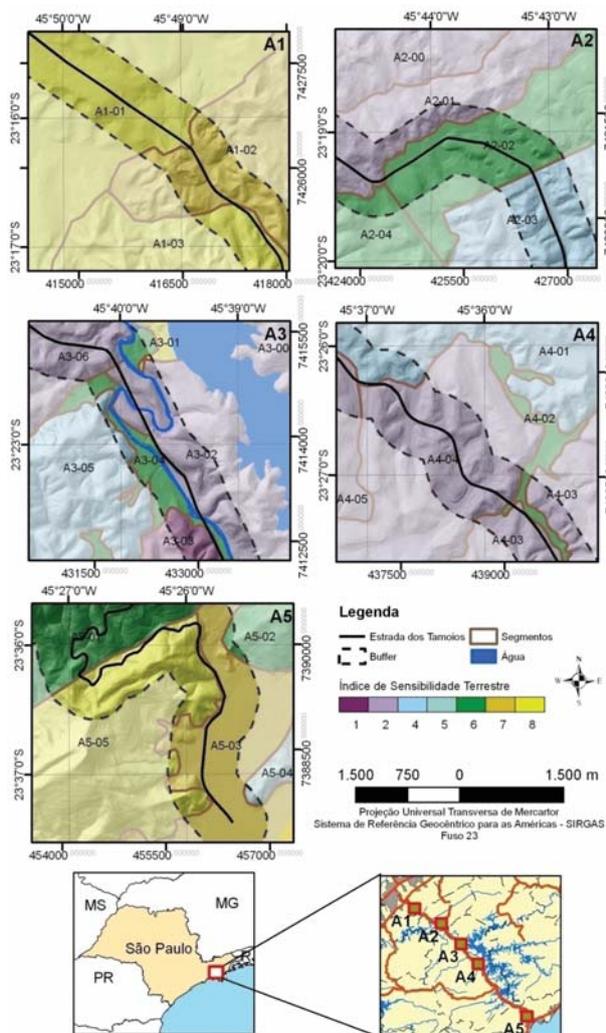


Fig. 4 – Distribuição espacial do ISA nas áreas piloto.

transformações antrópicas inerentes, justificam esta constatação.

Já a A3 se destaca por ser a única área piloto que apresenta a única espécie não terrestre. A presença deste corpo d'água exige o entendimento da interação dos ambientes não só nas esferas biológicas, mas também no entendimento da sensibilidade ambiental dos ambientes dulciaquícolas integrada ao ambiente terrestre.

3.3 Atividades socioeconômicas

O mosaico de atividades socioeconômicas identificado na Estrada dos Tamoios é formado pelos grupos recreacionais, área sob gestão especial, uso e extração de recursos naturais, transporte e tipo de ocupação.

Similares no tocante às atividades socioeconômicas, as áreas piloto A1, A2, A3 e

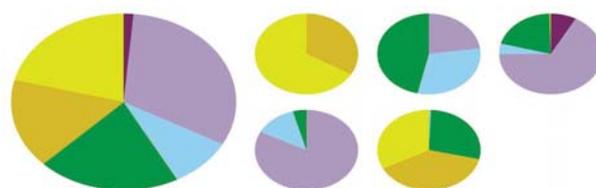


Fig. 5 – Proporção da sensibilidade ambiental terrestre geral e em cada área piloto.

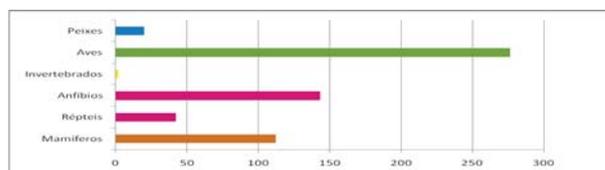


Fig. 6 – Quantitativo de espécies por grupo identificadas nas áreas piloto. Ver legenda da Figura 3.

A4 são caracterizadas pela predominância de residências, criação animal e pequenos corpos d'água (Figura 8).

O predomínio destas atividades na Tamoios justifica a presença deste tipo de informação na Carta de sensibilidade e podem determinar situações e áreas prioritárias de ação e proteção. Em oposição às demais áreas piloto, a A5 possui a menor densidade de atividades socioeconômicas. Esta configuração é explicada pela presença de remanescentes florestais em mais de 50% da área, além da existência de uma unidade de conservação no espaço concomitante à área florestada.

As tipologias de ocupação residencial variam de casas isoladas, pequenas vilas, bairros e distritos desconectados do centro administrativo do município, condomínios de diferentes padrões, e trechos da zona urbana das cidades presentes na área de estudos.

Esta configuração reflete o modelo de ocupação presente em toda a rodovia e implica na potencial contaminação de seres humanos em ocorrência de derrame de óleo na rodovia, o que é agravado pela abundância de corpos d'água presentes na área de estudo, os quais tem potencial para drenar os contaminantes para extensas áreas a jusante.

Os corpos d'água sendo atingidos comprometeriam também a criação animal, principalmente do gado e de aves, além da agricultura e silvicultura presentes na área de estudo. Na área A3, além destes impactos, podem



Fig. 7 – Espécies faunísticas registradas na área de estudos.

A = canário (*Sicalis flaveola* Linnaeus, 1766), B (centro) = pardal (*Passer domésticos* Linnaeus, 1758); C = Garibaldi (*Chrysomus ruficapillus* Vieillot, 1819); D = anu-preto (*Crotophaga ani* Linnaeus, 1758).

ser atingidas ainda atividades recreacionais.

Foram identificadas e implementadas duas novas atividades socioeconômicas: administração rodoviária e “outros”. A área A1 se notabiliza pela convergência de áreas com alto ISA e densidade de elementos biológicos e socioeconômico.

As atividades ligadas ao comércio, como restaurantes, posto de combustíveis, lanchonetes, dentre outros, estão distribuídas por toda área de estudo sendo consideradas muito suscetíveis aos acidentes com derramamento de óleo em qualquer ponto da área de estudo.

3.4 Cobertura da terra

O conhecimento sobre a cobertura da terra é fundamental em episódios de derramamento de óleo em ambientes terrestres, para a

adequada gestão dos recursos biológicos e socioeconômicos.

O tipo de cobertura da terra determina, em primeiro momento, o comportamento do óleo derramado, influenciando diretamente no impacto ambiental (ONWURAH *et al.*, 2007).

Foram identificadas 9 classes de cobertura: Afloramento rochoso, Agrícola, Artificial consolidada, Artificial inconsolidada, Bosque misto, Floresta/Mata, Silvícola, Solo exposto e Vegetação herbácea/herbácea arbustiva.

Nas áreas piloto da Estrada dos Tamoios a cobertura da terra reflete o posicionamento das atividades socioeconômicas, prevalecendo a vegetação herbácea/herbácea arbustiva, a qual é vinculada à criação bovina.

A exceção a esta configuração espacial ocorre apenas na A5, onde o *buffer* é ocupado majoritariamente pelas classes “floresta/mata”

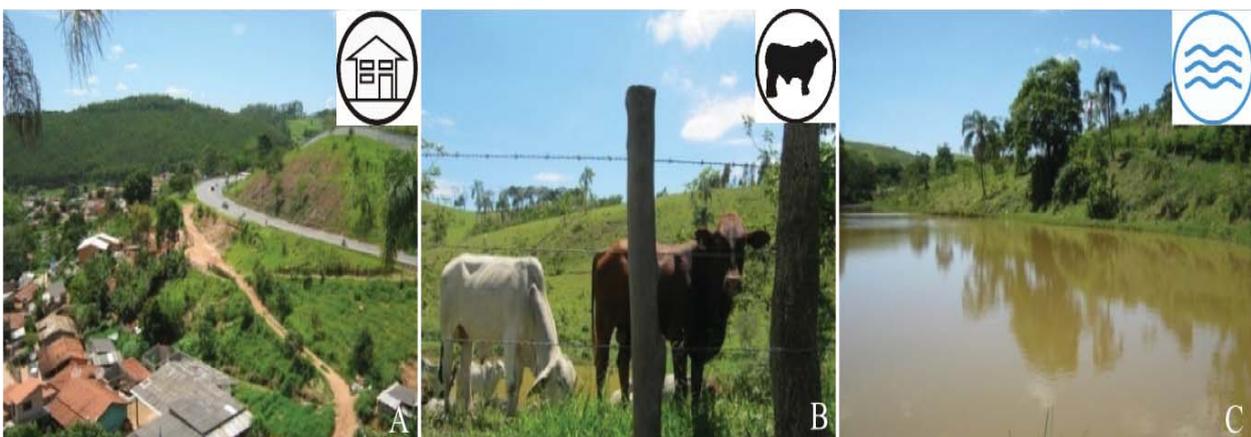


Figura 8 – Atividades econômicas predominantes nas áreas piloto A1, A2, A3 e A4.

A = residências; B = criação bovina; C = corpo d'água.

e “artificial consolidada”. Outro contraste é que apenas na A5 ocorrem manchas de afloramentos rochosos, sobretudo nas áreas de maior declividade, e de cultivo agrícola, próximo a cidade de Caraguatatuba.

A classe “artificial consolidada” está presente em quatro das cinco áreas piloto. Nas A1, A3 e A5 esta cobertura está relacionada a parte urbana da sede administrativa dos municípios, enquanto que na A2 a um complexo industrial.

As áreas A2 e A4 têm na classe “artificial inconsolidada” sinais de expansão urbana a qual diferencia a rodovia em questão. Esta classe é representada, principalmente, pela implementação de condomínios residenciais.

Na área A4, a classe “silvícola” possui representatividade significativa dentro do *buffer*, refletindo uma importante característica econômica regional, a extração madeireira. Esta atividade é responsável também, juntamente com processos erosivos, por algumas áreas de solo exposto identificadas na área.

O bosque misto está presente nas A1, A2, A3 e A4, sendo caracterizado espacialmente por pequenas manchas dispersas.

3.5 Índices adjacentes, integração e equivalência

Nas áreas piloto o ambiente fluvial está presente nas A3 e A5. Esta situação é oportuna, pois possibilita a integração do ISA terrestre com um índice de sensibilidade ambiental vigente, além de permitir reflexões a cerca da equivalência entre os mesmos.

Nos ambientes fluviais, foram identificadas quatro classes, sendo uma correspondente à baixa sensibilidade, uma intermediária e duas

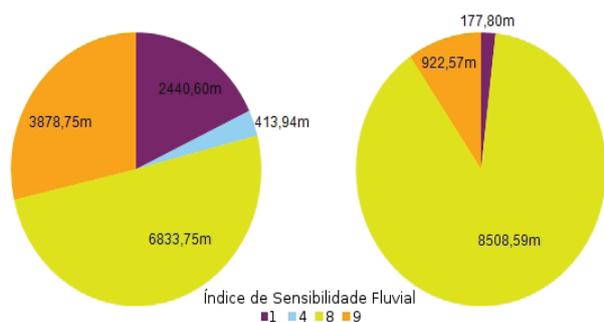


Figura 9 – Quantitativo das classes de índice de sensibilidade fluvial presentes nas áreas A3 e A5.

correlacionadas à alta sensibilidade ambiental ao óleo (Figura 9).

Os segmentos com classes 8 e 9 são os mais representativos, com cerca de 90% da área (Figura 9), constituindo um panorama complexo. Diferentemente da A5, onde os segmentos fluviais estão encaixados em um segmento terrestre de sensibilidade similar, na A3 os segmentos fluviais são rodeados por segmentos terrestres de classes de sensibilidade baixa e intermediária.

A presença de índices de alta sensibilidade relacionada ao ambiente fluvial eleva a atenção quanto à área A3, como uma área prioritária, com a presença do principal curso d’água da região, apesar de possuir sensibilidade baixa na maior parte da área.

Neste contexto, também deve ser levado em consideração o fato da equivalência entre os índices. Um dos poucos guias para elaboração de Cartas SAO que considera equivalência entre diferentes ambientes é o do NOAA (PETERSEN *et al.*, 2002).

Este guia une em uma só tabela comparativa os ambientes costeiro (estuarino), lacustre, fluvial e palustre. No entanto, ressalta-se que a integração constante no guia NOAA deixa algumas lacunas na equivalência dos ambientes, como, por exemplo, a ausência da classe 7 para ambientes fluviais (ver Quadro 3).

A equivalência entre os índices terrestre e fluvial aqui apresentada deve ser utilizada com cuidado, considerando as grandes diferenças de cenário e os critérios metodológicos associados.

Outra observação válida diz respeito à falta de um índice de sensibilidade fluvial elaborado para a realidade dos rios brasileiros, embora haja tentativas nesse sentido, como, por exemplo, o realizado por Araujo *et al.* (2006) para rios da região amazônica.

Apesar do alcance mundial, o índice fluvial da NOAA é baseado nos corpos característicos dos EUA, não refletindo, portanto, as peculiaridades de rios presentes em outros lugares do mundo.

Para a aplicação nos rios das áreas pilotos o emprego foi satisfatório, pois, todos os ambientes presentes na A3 e A5 estavam representados no guia NOAA, sendo possível sua aplicação sem ressalvas.

4. CONCLUSÃO

O mapeamento da sensibilidade ambiental ao óleo da Estrada dos Tamoios foi eficiente na representação das feições e da variedade de ambientes sensíveis, suscetíveis e vulneráveis, associados à rodovia.

A incorporação e adequação da metodologia das Cartas SAO aplicada à zona costeira para o cenário de rodovias foi positiva, tanto nos aspectos metodológicos como na forma de representação final.

Os resultados do mapeamento indicaram que a Rodovia dos Tamoios, entendendo as áreas piloto como uma representação de sua extensão, esta associada a áreas com sensibilidade intermediária. No entanto, ao longo do gradiente, observam-se áreas de relevante sensibilidade, especialmente no trecho de serra. (Serra do Mar).

As atividades socioeconômicas e a sensibilidade fluvial são dois elementos que necessitam de maior aprofundamento no levantamento de dados e diagnóstico na Rodovia Tamoios. No primeiro caso, por ser um elemento bem distribuído por toda a rodovia e pelo risco inerente à integridade da população afetada. No segundo caso, pelo fato de constituir um ambiente fluido de alta sensibilidade, cujas feições naturais e marginais são desconhecidas, especialmente à jusante da rodovia (drenagem afetada e suscetível).

O mapeamento fluvial e dos ecossistemas dulciaquícolas é fundamental na gestão de emergenciais rodoviárias e de outros modais terrestres, e deve ser associado e integrado aos mapeamentos terrestres e costeiros.

Estas ferramentas devem ser incorporadas nos processos de gestão das rodovias, ferrovias e hidrovias (licenciamento, planos de emergência e análise de risco ambiental).

A efetivação destas recomendações permitirá ações de combate mais precisas e eficientes, mesmo em áreas de alta complexidade ambiental.

A presente metodologia pode efetivamente ser incorporada para cenários acidentais envolvendo produtos químicos diversos, além de derivados do petróleo, adequando os cenários para as diferentes classes de produtos e especialmente seu comportamento no ambiente (densidade, solubilidade, toxicidade, volatilidade, etc.).

Apesar da utilização de diversas

técnicas, as soluções baseadas em ferramentas geotecnológicas provaram ser adequadas à elaboração das Cartas SAO, sendo vitais a todas as etapas do processo.

É importante ressaltar que as áreas recomendadas neste trabalho são indicações que devem ser levadas em conta durante uma emergência. Estas sugestões devem ser estudadas e interpretadas por profissionais capacitados para lidar com este tipo de documento e com competência à aplicação.

Os dados aqui apresentados, bem como as suas interpretações, devem ser considerados como suporte e contribuição para as autoridades e órgãos competentes, que são os responsáveis pela tomada de decisão durante as emergências.

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e à Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS) pelo apoio financeiro, através do Programa para a Formação de Recursos Humanos para o Setor de Petróleo e Gás (PRH-05). À Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, pela seção das imagens de sensoriamento. Ao Prof. Dr. Jose Ricardo Sturaro, ao Ornítologo M.Sc. Cesar Cestari e ao Técnico Alan de Oliveira, pelas consultorias. À M.Sc. Elizandra Gomig, pelas contribuições nas etapas de campo e laboratorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PETROBRAS DE NOTÍCIAS. **Petrobras confirma descoberta de óleo leve na Bacia de Santos**, 04 out. 2006. Disponível em: <http://www.agenciapetrobrasdenoticias.com.br/materia.asp?id_editoria=8&id_noticia=2110> Acesso em 4 mai. 2008.

AGÊNCIA PETROBRAS DE NOTÍCIAS. **Nova descoberta de óleo leve na Bacia de Santos**, 05 set. 2007a. Disponível em: <http://www.agenciapetrobrasdenoticias.com.br/materia.asp?id_editoria=8&id_noticia=3573> Acesso em 4 mai. 2008.

AGÊNCIA PETROBRAS DE NOTÍCIAS. **Testes confirmam descoberta de petróleo leve na Bacia de Santos**, 20 set. 2007b. Disponível em:

<http://www.agenciapetrobrasdenoticias.com.br/materia.asp?id_editoria=8&id_noticia=3672>
Acesso em 4 mai. 2008.

ARAUJO, S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. CARVALHO, M. T. M.; MENEZES, P. M. L.; ALCÂNTARA, A. V.; VARGAS, M. A. M.; TAKAHASHI, L. T. **Mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo: ambientes costeiros, estuarinos e fluviais**. Rio de Janeiro: Petrobras: Jauá, 2006. 168p.

BIOTA-FAPESB. Programa de Pesquisas em Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado de São Paulo. **Mapa de Vegetação Remanente do Estado de São Paulo**. 2004, Programa Biota/Fapesp, Instituto Florestal/SMA, Centro de Referência em Informação Ambiental. Disponível em: <<http://sinbiota.cria.org.br/info/>>. Acesso em 18 dez. 2009.

BREUNIG, F. M.; MELLO, L. F. Evolução da mancha urbana ao longo da Rodovia dos Tamoios (São José dos Campos – Caraguatubá) no período de 2000-2008: uma primeira abordagem. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 17, 2010, Caxambu. **Anais...**, 2010. p. 2027. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2010/docs_pdf/eixo_2/abep2010_2127.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2011.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Novo Portal de Periódicos CAPES**. Disponível em: <http://novo.periodicos.capes.gov.br/?option=com_phome&Itemid=68&> Acesso em 17 dez. 2009.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Cadastro de Emergências Químicas - Quadro de estatísticas 2009**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/estatisticas/estatisticas.asp>>. Acesso em 01 jan. 2010.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2009**: relatório gerencial. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2009. 152p.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Relatório de outorgas do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.aplicacoes.dae.sp.gov.br/usuarios/fchweb.html>>. Acesso

em: 28 jul. 2011.

FESPSP. Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA)**. Duplicação do Sub-trecho Planalto (SP-099) Km 11+500 ao Km 64+400, v. 1. 2007. Referência do anexo 2.

HAMMOND, P.; AGUIRRE-HUDSON, B.; DADD, M.; GROOMBRIDGE, B.; HODGES, J.; JENKINS, M.; MENGESHA, M. H.; STEWART GRANT, W. The current magnitude of biodiversity. In: HEYWOOD, V. H. (Ed.) **Global biodiversity assessment**. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 1995. p. 113-138.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório Acidentes Ambientais 2006 e 2007**. 47p. 2008. Disponível em: <www.ibama.gov.br/emergencias/download/56/>. Acesso em: 06 set. 2010.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório Acidentes Ambientais 2008**. 36p. 2009. Disponível em: <www.ibama.gov.br/emergencias/download/130/>. Acesso em: 06 set. 2010.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de Acidentes Ambientais 2009**. 32p. 2010. Disponível em: <www.ibama.gov.br/emergencias/download/194/>. Acesso em: 06 set. 2010.

IF. Instituto Florestal de São Paulo. **Plano de Manejo – Parque Estadual da Serra do Mar**. 2008. 433 p. Disponível em: <<http://www.fflorestal.sp.gov.br/planodemanejoCompleto.php>>. Acesso em: 17 dez. 2009.

JENKS, G. F. The Data Model Concept in Statistical **Mapping, International Yearbook of Cartography**, n. 7, p. 186-190. 1967.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 598p.

JENSEN, J. R.; HALLS, J. N.; 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.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. Quantas espécies há no Brasil? Megadiversidade. v. 1, n. 1, julho de 2005. p. 36-42. Disponível em: <http://www.conservacao.org/publicacoes/megadiversidade/07Lewinsohn_Prado.pdf>.

Acesso em: 07 fev. 2012.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Edits.) **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 1. ed., Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas, 2008. 2 v. 1420p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo>>.